

贵州省两次超强凝冻过程的天气成因对比分析

李忠燕^{1,2} 任曼琳¹ 谭娅姮¹ 严小冬^{1*} 王烁¹

(1 贵州省气候中心, 贵阳 550002; 2 贵州省山地气候与资源重点实验室, 贵阳 550002)

摘要 利用贵州省 84 个台站常规观测资料、NCEP/NCAR 逐日再分析资料以及 NOAA 逐月海表温度资料, 对 2008 年和 2011 年贵州省出现的两次超强凝冻过程的降温幅度、影响站次、海温背景、环流场、温度场等进行了对比分析。结果表明: 中等强度的东部型拉尼娜事件是两次过程的有利气候背景, 东亚地区 500 hPa 西高东低的距平分布、850 hPa 切变线的稳定维持、700 hPa 西南急流、温度场上逆温区以及温度垂直剖面图的 800~600 hPa 之间的融化层均是两次过程的有利的形势条件。而 2008 年过程对应 850 hPa 切变线位置更为靠北, 且其西南急流范围/强度、逆温区面积/强度、冷平流强度、融化层厚度/持续时间/中心温度均较 2011 年的明显偏强, 这是导致 2008 年冬季凝冻过程影响更为明显的原因。

关键词 凝冻过程; 成因分析; 融化层; 逆温

中图分类号: P458 **DOI:** 10.19517/j.1671-6345.20210466 **文献标识码:** A

引言

凝冻是指过冷水滴下降至地面时, 与低于 0℃ 物体接触并在其表面冻结形成覆冰层的现象, 其中以雨淞为主, 形成雨淞的雨叫冻雨。凝冻过程一旦发生, 尤其是时间长强度大范围广的过程, 必将对各行业造成重大影响。2008 年初和 2011 年初我国南方地区发生了罕见的影响范围广、持续时间长的区域性凝冻过程, 造成公路铁路设施受损、交通严重受阻, 电力传输设施和通信遭受严重的破坏, 社会经济和社会安全受到极大影响。

贵州是我国凝冻过程的多发区域, 占全国 84%^[1]。研究表明, 贵州凝冻过程多发与其地形(1000 m 左右海拔且西高东低喇叭口地形)、地理位置(纬度相对偏低且多山区)、气候条件(冬季冷暖空气多交汇, 易形成云贵准静止锋, 造成阴雨天气)有着密不可分的关系^[2-4]。有关凝冻的研究主要集中在以下两个方面: 首先是集中在天气学成因方面, 主要是针对某些典型的个例进行天气形势或成因诊断分析^[5-15], 尤其以 2008 年初的研究较多。学者们多

是从凝冻形成的环流形势、温度层结结构和微物理过程等角度开展成因分析。他们认为持续性的阻塞高压异常、低层冷层和中层深厚而稳定的逆温层等均是 2008 年大范围雨雪过程的重要原因。其次不少研究集中在典型年气候特征分析方面, 主要是有关典型年环流异常^[2, 16-18]及海温异常^[19-22]对凝冻过程的影响研究。学者们认为海温异常通过海气相互作用影响大气环流, 比如强 La Niña 事件将会导致西伯利亚高压增强、冬季风偏强、中高纬度大气环流经向度增大, 使冷空气活动频繁, 利于凝冻过程的持续发生发展。虽然对凝冻过程的诊断分析已有了大量的研究, 但是大多数的研究集中在某一次过程, 特别是 2008 年初的凝冻过程的天气学特征、微物理结构和原理方面, 对典型的超强凝冻过程之间的差异性认识也不够深入。

根据 DB52/T 652-2010 中区域性凝冻过程的定义, 2008 年 1 月 13 日至 2 月 14 日和 2011 年 1 月 1 日至 2 月 1 日贵州省出现了持续天数分别达 33 d 和 32 d 的超强凝冻过程, 对交通运输、电力和通讯设施设备等造成严重的破坏。另一方面, 受全球气

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

国家自然科学基金项目(41865005)、中国气象局创新发展专项(CXFZ2021J018)共同资助

作者简介: 李忠燕, 女, 1986 年生, 硕士, 副高, 主要从事短期气候预测工作, Email: 523257762@qq.com

收稿日期: 2021 年 7 月 9 日; 定稿日期: 2022 年 3 月 31 日

* 通信作者, Email: Yxd_climate@163.com

候变暖的影响,极端天气气候事件频率增大,强度增加。因此本文在前人的研究基础之上,对贵州省2008年初和2011年初两次超强凝冻过程的降温幅度、影响站次、海温背景、环流场、温度场等进行了全面的对比分析。以探究两次过程中有利的水汽条件和动力条件,对比分析二者的差异,加深对贵州典型凝冻过程天气特征的认识,为今后开展极端性凝冻过程的天气预报及延伸期预报奠定基础。

1 资料来源

本文将对2008年1月13日至2月14日、2011年1月1日至2月1日两次凝冻过程的降温幅度、影响站次、海温背景、环流场、温度场等进行了对比分析,使用资料有气象台站常规资料和再分析格点资料^[23-24]。具体有:①国家气象中心整编的贵州84个国家基准观测站对应时段内逐日观测资料及气候态资料;②美国国家海洋大气管理局(NOAA)的逐月海表温度资料(SST V5)($2.0^{\circ} \times 2.0^{\circ}$);③美国国家海洋大气管理局(NOAA)气候预测中心(CPC)NINO各海区逐月指数;④美国环境预报中心和国家大气研究中心(NCEP/NCAR)的对应时段内逐日再分析资料(NCEP-1)($2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$);⑤美国环境预报中心和国家大气研究中心(NCEP/NCAR)每日4时次的FNL风场、温度场资料($1^{\circ} \times 1^{\circ}$)。本研究中气候态是指1981—2010年均值。

2 对比分析结果

2.1 降温幅度和影响站次对比分析

从两次区域性凝冻过程对应时段内贵州省各站平均气温距平分布(图1)来看,2008年1月13日至2月14日的凝冻过程造成全省平均气温偏低 $4.1 \sim 8.0^{\circ}\text{C}$,其中大部地区偏低 5°C 以上(图1a),全省共计77个县站受到影响,占比达90.6%。2011年1月1日至2月1日的凝冻过程造成全省平均气温偏低 $2.8 \sim 6.7^{\circ}\text{C}$,其中偏低 5°C 以上区域主要集中在省的西部地区(图1b),全省共计78个县站受到影响,占比达91.8%。另外,从两次区域性凝冻过程逐日影响站次时间序列来看,2008年1月13日至2月14日这次凝冻过程平均影响44.5站/d(图2a),其中1月19日至2月2日连续15d受影响站次在50次以上,并且在1月29日全省共计73站发生了凝冻。而2011年1月1日至2月1日这次凝冻过程平均影响35.9站/d(图2b),1月1日至1月4日连续4d出现影响站次在50次以上的情况,其中发生凝冻站次最多的一天出现在1月3日,为69站。总的来说,虽然两次过程持续天数相近,但无论是从温度距平还是平均每天受影响站次来看,2008年的区域性凝冻过程较2011年的均明显偏强。为了探讨2008年区域性凝冻过程较强的原因,接下来将从海温、环流场配置等多方面进行对比分析。

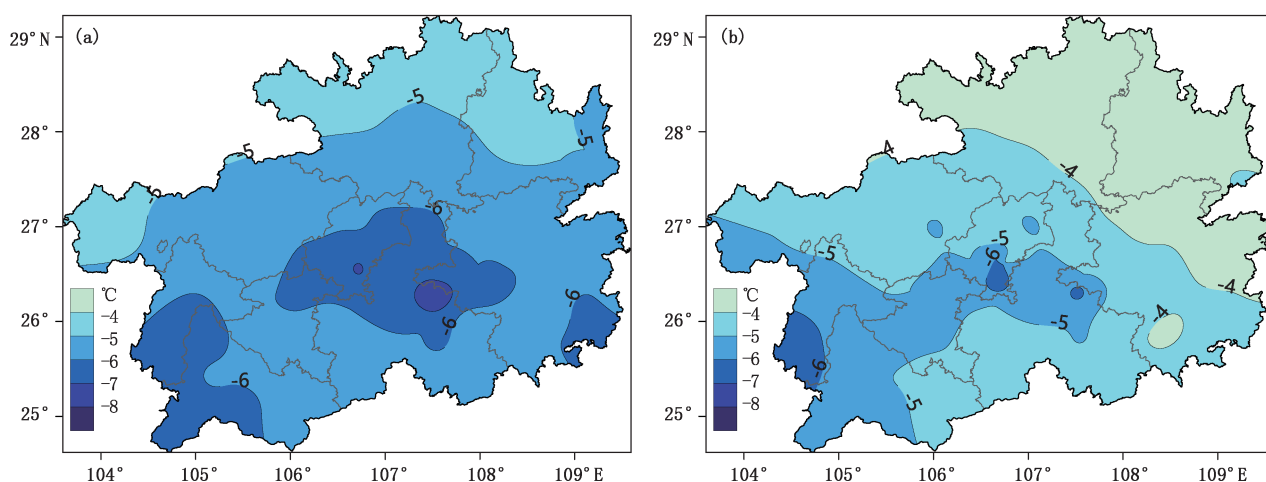


图1 2008年1月13日至2月14日(a)和2011年1月1日至2月1日(b)贵州省各县站平均气温距平分布

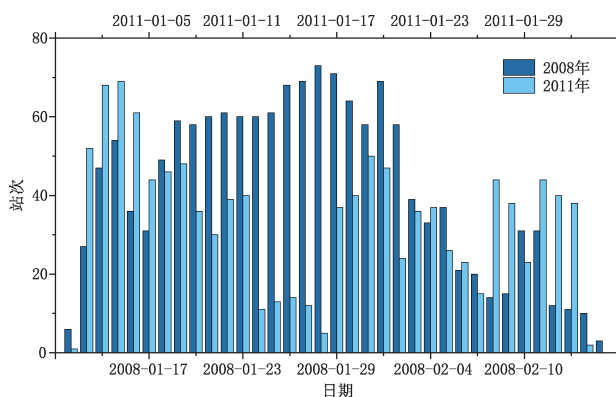


图2 2008年1月12日至2月15日和2010年12月31日至2011年2月2日逐日凝冻站次时间序列

2.2 海温场对比分析

从NOAA提供的逐月NINO3.4区海温距平值来看,两次过程均发生在中东太平洋拉尼娜气候事件背景之下。其中2007年8月开始的拉尼娜事件于2008年1月达到峰值,于2008年5月结束,持续时间为10个月,峰值强度为 -1.7°C 。而2010年6月开始的拉尼娜事件于2010年12月达到峰值,于2011年5月结束,持续时间为12个月,峰值强度为 -1.6°C 。根据QX/T 370-2017的标准来看,两次拉尼娜事件均为中等强度的东部型拉尼娜事件。

从冬季海温距平分布(图3)来看,2007/2008年冬季的冷海温异常区呈带状分布,大值区位于赤道地区 130°W 附近,中心值在 -2.0°C 左右。而2010/2011年冬季的冷海温异常区呈舌状分布,大值区位于 110°W , 27°N 附近,中心值在 -2.0°C 左右,次大值中心位于 120°W , 20°S 附近,中心值在 -1.6°C 左右。研究表明海温异常可以通过海气相互作用影响大气环流异常进而导致异常气候事件的发生^[21-22,25],受赤道中东太平洋拉尼娜事件影响,东亚冬季风偏强、中高纬环流经向度特征显著,冷空气活动较频繁,因此拉尼娜是贵州省两次超强凝冻过程事件的重要外强迫因子。

2.3 高度场对比分析

图4给出了两次超强凝冻过程对应的500 hPa平均高度场及距平场。在中高纬度地区,两次过程的平均高度场上均存在明显的阻塞形势,阻塞高压位于乌拉尔山附近。而在阻塞高压的前侧存在切断低涡或横槽,主要位于贝加尔湖至巴湖一带,在鄂霍

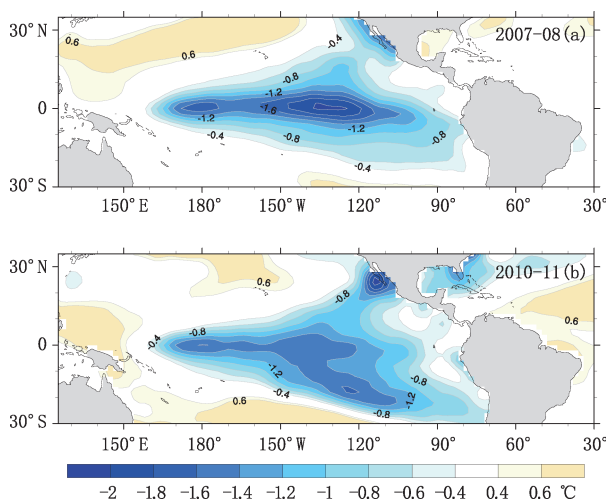


图3 2007/2008年冬季(a)和2010/2011年冬季(b)海温距平分布

次克海附近为强盛的东亚大槽。在这种形势场下,中高纬度以经向环流为主,有利于冷空气堆积并从西路入侵我国,与南支槽前偏西南气流相遇,造成降温降雨/雪过程。但从二者的对比来看,2008年对应的阻塞形势没有2011年的明显,在巴湖附近表现为低涡,而2011年对应为横槽。东亚大槽的位置和强度也有所差异,2008年的过程中东亚大槽位置更偏西,但2011年的有闭合中心,中心强度为510 dagpm。另外,从2008年过程的500 hPa位势高度平均场来看,2008年的过程东亚地区自北向南呈现“— + —”的距平分布,而2011年呈现北高南低的“+ —”分布。

2.4 环流场对比分析

为进一步对比分析两次超强凝冻过程,对两次超强凝冻过程不同层次的风场进行对比分析。850 hPa平均风场上(图5),位于河南—湖北—湖南—贵州一线两次超强凝冻过程均存在的偏东北风回流,且二者风速相当。另外,在贵州省南侧均存在来自南海的偏南风,但2008年过程的偏南风明显强于2011年的过程,表明该次过程的暖湿气流更为强盛,这也是导致2008年凝冻过程偏重的原因之一。两次过程中偏东北风和偏南风导致的切变线基本位于贵州南部—广西北部—湖南南部—江西南部—一线,使地面有华南静止锋出现,只是2008年过程切变线位置较2011年略微靠北,主要是2008年对应的偏南风更为强盛所导致。研究表明,切变线北侧

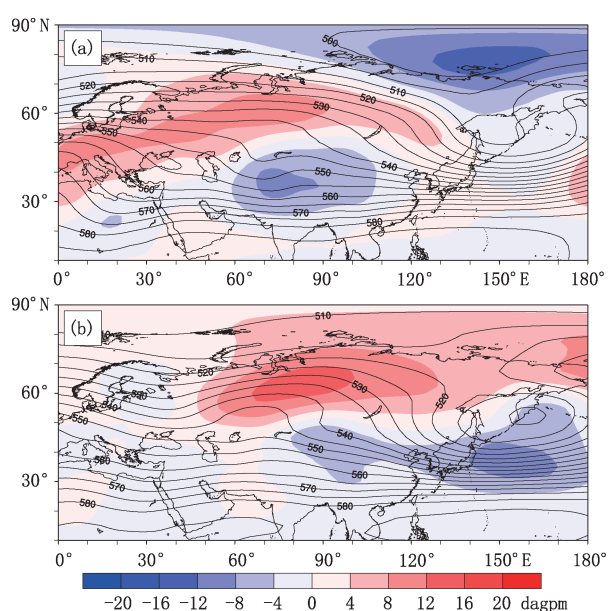


图4 2008年1月13日至2月14日(a)和2011年1月1日至2月1日(b)超强凝冻过程500 hPa平均高度场及距平场(单位:dagpm)

的偏东风回流起着冷垫的作用^[3,14],使得在凝冻过程期间,其稳定的层结结构导致变温不显著,持续维持低温状态。而在贵州西侧的云南大部地区均受偏南风 and 西南风控制,导致在贵州与云南交界出现云贵准静止锋,并与华南准静止锋连在一起,造成贵州湖南等地出现持续凝冻天气,南方大范围出现阴雨或雨雪天气。

由于低层(850 hPa)风场上存在着东北风回流和暖湿的偏南风,对应地面出现华南准静止锋和云贵准静止锋,那么在中低层上(700 hPa)气流的活动又是怎样的呢?在700 hPa平均风场上(图6),两次超强凝冻过程均存一支平均风速在12 m/s之上的西南急流。急流控制区域为云南南部—贵州南部—湖广南部—江西南部一线以南的我国南方地区,且急流中心均位于贵州西南部—广西西北部一线,即贵州凝冻频发区位于该急流中心的左侧。从二者的对比来看,2008年的过程中平均风速大于12 m/s和

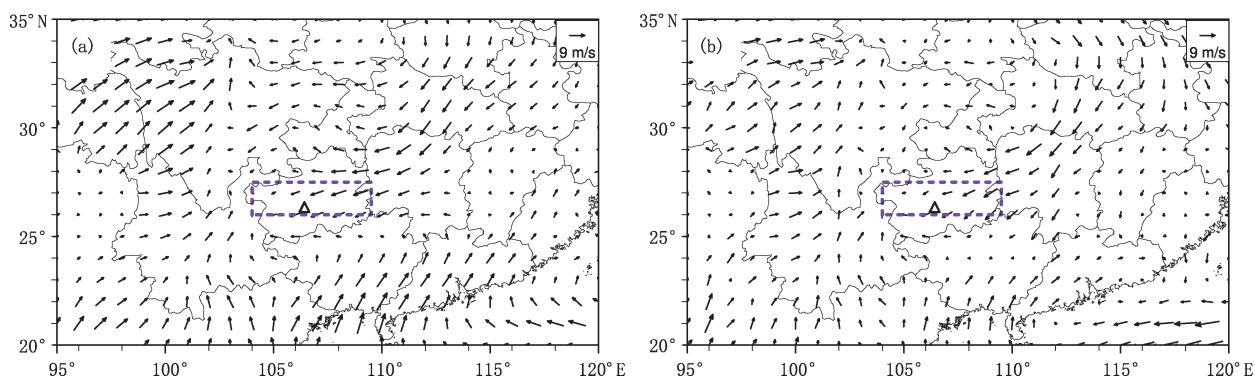


图5 2008年1月13至2月14日(a)和2011年1月1日至2月1日(b)超强凝冻过程850 hPa平均风场(矩形区域:贵州凝冻频发带;三角:贵阳,下同)

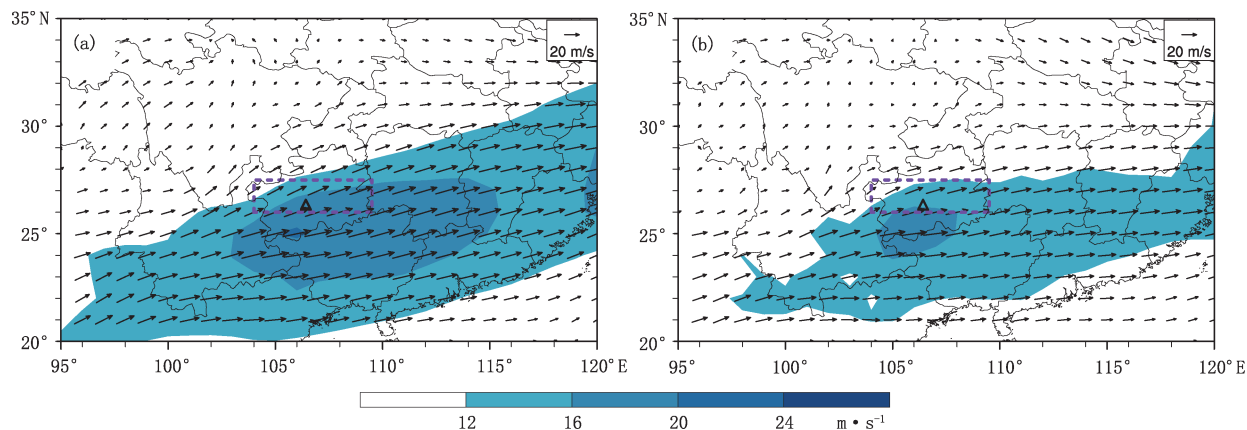


图6 2008年1月13至2月14日(a)和2011年1月1日至2月1日(b)超强凝冻过程700 hPa平均风场(阴影>12 m/s)

16 m/s 的区域均明显大于 2011 年。另外 2008 年的平均风速中心强度达 20~24 m/s, 而 2011 的中心强度则为 16~20 m/s, 表明 2008 年的凝冻过程中的西南急流更为强盛。研究表明, 西南急流携带暖湿气流不断北上, 且在其底层至近地面层为一冷垫^[3,26-27], 在急流爬升过程中其有利的水汽条件和温度条件使凝冻和阴雨(雪)天气稳定维持。

2.5 温度场对比分析

为探究两次超强凝冻过程的温度结构特征, 本文将从温度场的空间分布和垂直剖面进行对比分析。从两次超强凝冻过程 850 hPa 温度场的空间分布(图 7)对比可以看出, 两次过程均存在逆温区, 逆温区的大值中心均位于贵州省中东部。同时 850 hPa 温度场 0 °C 线均南压至贵州西部—广西北部—湖南南部—江西南部一线。结合 850 hPa 风场(图 5)和温度场来看, 两次过程中贵州大部地区受偏东北风回流控制, 表明贵州低层有明显冷平流。而二次过程不同之处是, 首先 2008 年过程的逆温区面积和强

度均强于 2011。2008 年逆温区控制着贵州大部、广西北部、湖南、湖北南部、江西北部等江南地区, 逆温区中心强度为 4~6 °C, 而 2011 年逆温区控制着贵州中东部、广西北部、湖南大部以及江西西部边缘, 逆温区中心强度为 2~4 °C。其次, 2008 年过程温度场(图 7a)上, -6 °C 线位于贵州省东北部, 而 2011(图 7b)的位于湖南北部, 另外滇黔交界处 2008 年过程的等温度密集度也明显强于 2011 的。因此, 虽然在 850 hPa 风场上, 盛行的偏东北风风速势力相当, 但 2008 年过程的温度梯度却明显大于 2011 年, 表明 2008 年低层冷平流强度也相对较强。最后, 虽然两次过程 850 hPa 温度场 0 °C 线南压位置基本相同, 但 2008 年过程的 700 hPa 温度场 0 °C 线位置却比 2011 的明显偏北, 导致对应的 850 hPa 和 700 hPa 温度场 0 °C 线相交面积也明显偏大, 这主要是因为 2008 年过程中 700 hPa 风场上其偏南风更为强盛。以上这些不同之处均是导致 2008 年过程影响更为明显的原因。

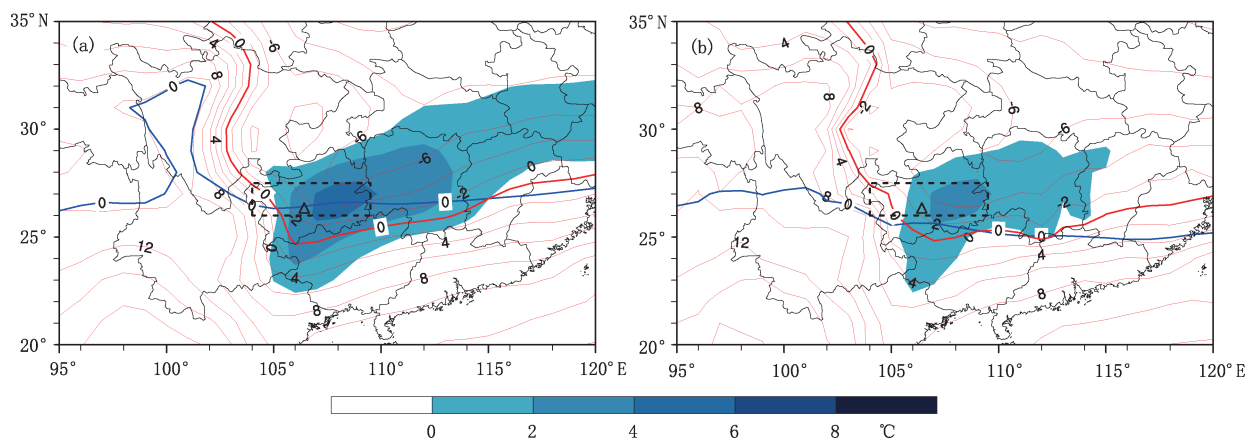


图7 2008年1月13—2月14日(a)和2011年1月1日至2月1日(b)超强凝冻过程850 hPa温度场
(红/蓝粗线:850/700 hPa温度场0 °C线;阴影:逆温区;单位:°C)

由于贵州省凝冻频发带位于 26°~27.5°N, 104°~109.5°E, 因此对比分析两次过程温度在该范围内的高度-时间演变特征, 进一步探讨凝冻过程中温度的垂直结构。从两次过程的温度随高度和时间的剖面图(图 8)的对比可以看出, 两次过程中均存在冷-暖-冷的夹心结构, 暖心结构出现在 800~600 hPa 之间, 表明在该层有高于 0 °C 的融化层。2008 年过程的暖心结构于 1 月 17 日出现, 于 1 月 25 日左右达到峰值, 暖中心强度为 4 °C, 且暖心结构位于 800~600 hPa 之间, 于 1 月 27 日左右消失, 持续时

间达 11 d。而 2011 年的暖心结构于 1 月 1 日出现, 于 1 月 4 日和 1 月 8 日左右分别达到峰值, 暖心结构分别位于 800~700 hPa、700~600 hPa 之间, 暖中心强度均为 2 °C, 于 1 月 9 日左右消失, 持续时间达 9 d。在 2011 年 1 月 26 日左右, 有一弱的暖心结构出现在 700~600 hPa 之间, 暖中心强度为 1 °C, 持续时间仅 1~2 d。从对比可以看出 2008 年过程的融化层厚度、持续时间、融化层中心温度均较 2011 年的明显偏强。另外从图 8 中可以看出, 两次过程中低层 0 °C 线的位置基本维持在 900 hPa 附

近,表明低层冷层结构稳定维持。而2008年过程低层0℃线的位置较2011年过程的偏低,表明冷势力总体更偏强,有利于持续性凝冻过程的发生,导致2008年冬季凝冻过程造成的影响更为明显。

另外,将两次过程温度随高度和时间的剖面图(图8)与逐日凝冻站次时间演变图(图2)对比可以发现,暖心结构出现时间与凝冻发生站次最多的时段基本匹配,即温度场暖心结构出现时间对应凝冻

过程影响范围最广、灾情最重的一段时间。尽管在2008年过程中暖心结构消失后的一段时间,即1月28日至2月2日,其凝冻发生站次仍然居高不下,这主要是因为近地面层有一强度较强的冷平流活动,其冷中心强度达-6℃。表明暖心结构并不是贵州凝冻过程发生的必要条件,若近地面层有较强的冷平流过程,仍有可能导致凝冻过程的发生。

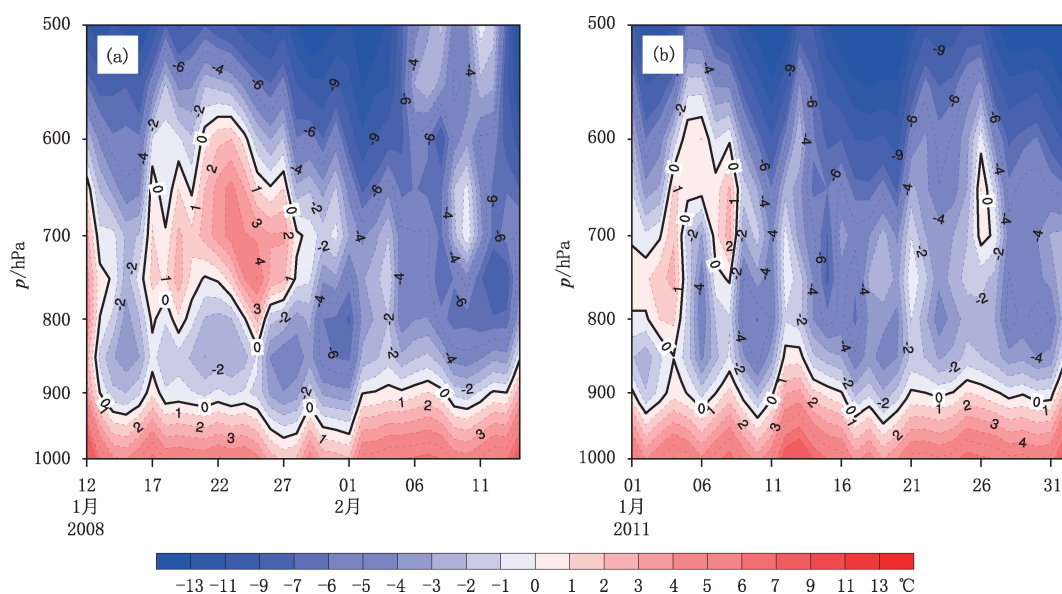


图8 2008年1月12至2月14日(a)和2011年1月1日至2月1日(b)超强凝冻过程温度在26°~27.5°N,104°~109.5°E范围内的高度-时间演变(黑线:0℃线)

2.6 两次过程的异同点分析

根据对2008年和2011年贵州省出现的两次超强凝冻过程的降温幅度、影响站次、海温背景、环流场、温度场的对比分析结果,统计出两次过程的异同点(表1)。从表1可以看出,中等强度的东部型拉尼娜事件是两次过程的有利气候背景,500 hPa西高东低距平分布、近地面静止锋和850 hPa切变线稳定维持、700 hPa西南急流、温度场上逆温区以及温度垂直剖面图的800~600 hPa之间的融化层均是两次过程的有利的形势条件,为其提供了充足水汽条件和动力条件。但2008年过程对应的切变线位置更为靠北,并且其西南急流范围/强度、逆温区面积/强度、冷平流强度、融化层厚度/持续时间/中心温度均较2011年的明显偏强,这是导致2008年冬季凝冻过程温度距平和平均每天受影响站次均偏强,影响更为明显的原因。

3 结论与讨论

本文通过对2008年和2011年两次超强凝冻过程的降温幅度、影响站次、海温场、高度场、环流场、温度场等进行了对比分析,得到以下结论:

(1)虽然两次过程持续天数和影响总站数相差不大,但2008年过程的平均气温距平和平均每天受影响站数均较2011年的明显偏强。

(2)从两次过程的相同点可以看出中等强度的东部型拉尼娜事件是两次过程的有利气候背景,500 hPa西高东低距平分布、近地面静止锋和850 hPa切变线稳定维持、700 hPa西南急流、温度场上逆温区以及温度垂直剖面图的800~600 hPa之间的融化层均是两次过程的有利的形势条件,为其提供了充足水汽条件和动力条件。

表 1 两次超强凝冻过程不同指标的异同点统计

指标	相同点	不同点
降温幅度/ 影响站次	持续天数均超过 30 d 以上,均造成全省不同程度气温偏低,影响范围超过 90% 以上县站	2008 年的持续时间、温度距平和平均每天受影响站次均偏强
海温场	均发生在中东太平洋拉尼娜气候事件背景之下	冷海温异常大值区位置和中心值有所差异
高度场	500 hPa 高度场上,在中高纬度地区均存在明显的阻塞形势,阻塞高压位于乌拉尔山附近,而在阻塞高压的前侧存在切断低涡或横槽,鄂霍次克海附近为强盛的东亚大槽	2008 年东亚地区自北向南呈现“一十一”的距平分布,而 2011 年呈现北高南低的“十一”分布
风场	850 hPa 风场上,河南—湖北—湖南—贵州一线均存在的偏东北风回流,且风速相当,贵州省南侧均存在来自南海的偏南风;均存在切变线,700 hPa 风场上,均存风速超过 12 m/s 的西南急流	850 hPa 风场上,2008 年的偏南风更强,表明暖湿气流更为强盛;700 hPa 风场上,2008 年的西南急流更为强盛
温度场	低层均有明显冷平流、逆温区;温度的垂直剖面图的中层均存在冷—暖—冷的融化层结构;低层 0℃ 线的位置基本维持在 900 hPa 附近;暖心结构出现时间与凝冻发生站次最多的时段基本匹配	2008 年低层冷平流强度也相对较强;2008 年过程低层 0℃ 线的位置较 2011 年更偏低;2008 年逆温区面积和强度均偏强;2008 年融化层厚度、持续时间、中心温度均偏强

(3)从两次过程的差异分析可以看出 2008 年过程对应的切变线位置更为靠北,并且其西南急流范围/强度、逆温区面积/强度、冷平流强度、融化层厚度/持续时间/中心温度均较 2011 年的明显偏强,这是导致 2008 年冬季凝冻过程影响更为明显的原因。

(4)虽然温度场融化层出现时间对应两次凝冻过程影响范围最广、灾情最重的时间段,但它并不是贵州凝冻过程发生的必要条件,若近地面层有较强的冷平流过程,仍有可能导致凝冻过程的发生。

本文从不同方面对 2008 年和 2011 年两次超强凝冻过程做了对比分析,得到了一些初步结论,但仍有一些问题文中并未涉及,如:逆温层和融化层是否是超强凝冻过程的有利条件?强度偏轻的凝冻过程其环流场、温度场的特征如何,其特征与超强凝冻过程的差异有哪些?这些问题都有待在下一步的研究中继续开展。

参考文献

- [1] 欧建军,周毓荃,杨棋,等.我国冻雨时空分布及温湿结构特征分析[J].高原气象,2011,30(3):692-699.
- [2] 严小冬,吴战平,古书鸿.贵州冻雨时空分布变化特征及其影响因素浅析[J].高原气象,2009,28(3):222-229.
- [3] 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.
- [4] 方获,白慧,李浪,等.贵州冬季冻雨研究综述[J].中低纬山地气象,2020,44(4):19-26.
- [5] 丁一汇,王遵亲,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):158-175.
- [6] 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.
- [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] Bueh C, Shi N, Xie Z W. 2011. Large-scale circulation anomalies associated with persistent low temperature over southern China in January 2008 [J]. Atmos Sci Lett, 12 (3): 273-280.
- [9] 雷之雨,郑佳峰,朱克云,等.一次冻雨天气的云雷达回波特征分析[J].气象科技,2018,46(6):1232-1239.
- [10] Zhou W, Chan J C L, Chen W, et al. 2009. Synoptic-scale controls of persistent low temperature and icy weather over southern China in January 2008 [J]. Mon Wea Rev, 137 (11): 3978-3991.
- [11] 刘蕾,张凌云,李宜爽,等.广西两次典型低温雨雪天气过程的成因对比分析[J].气象科技,2020,48(1):107-114.
- [12] 陶玥,史月琴,刘卫国.2008 年 1 月南方一次冰冻天气中冻雨区的层结和云物理特征[J].大气科学,2012,36(3):507-522. DOI:10.3878/j.issn.1006-9895.2011.11082.
- [13] 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.
- [14] 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):63-74. DOI:10.3878/j.issn.1006-9895.2013.12119.
- [15] 甘文强,蓝伟,杜小玲,等.2018 年 1 月底至 2 月初贵州低温雨雪天气成因初探[J].暴雨灾害,2018,37(5):20-30. DOI:10.

- 3969/j. issn. 1004-9045. 2018. 05. 003.
- [16] 许丹,罗喜平. 贵州典型凝冻年及无凝冻年的环流特征分析[J]. 贵州气象,2001,25(3):15-16.
- [17] 肖平,王文,胡灿明,等. 1983—2015 年湖南雨淞时空分布特征及影响因子[J]. 气象科技,2018,46(3):515-523.
- [18] 白慧,柯宗建,吴站平,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. DOI:10.7522/j. issn. 1000-0534. 2015. 00062.
- [19] 宗海峰,张庆云,布和朝鲁,等. 黑潮和北大西洋海温异常在 2008 年 1 月我国南方雪灾中的可能作用的数值模拟[J]. 气候与环境研究,2008,13(4):491-499.
- [20] 黄菲,高聪晖. 东亚冬季气温的年际变化特征及其与海温和海冰异常的关系[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版),2012,42(09):11-18. DOI:10.16441/j. cnki. hdx. 2012. 09. 002.
- [21] 袁媛,李崇银,杨崧. 与厄尔尼诺和拉尼娜相联系的中国南方冬季降水的年代际异常特征[J]. 气象学报,2014,72(2):237-255. DOI:10.11676/qxxb2010.014.
- [22] 王玥彤. 中国西南地区冻雨的气候异常特征及其影响因子[D]. 南京:南京信息工程大学,2017.
- [23] 刘明歆,李艳,吕春艳. 中国冬季两类极端低温事件特征及其大气环流成因分析[J]. 高原气象,2021,40(3):603-620.
- [24] 施宁,布和朝鲁. 中国大范围持续性极端低温事件的一类平流层前兆信号[J]. 大气科学,2015,39(1): 210-220.
- [25] 张庆云,宣守丽,彭京备. La Nina 年冬季亚洲中高纬环流与我国南方降雪异常关系[J]. 气候与环境研究,2008,13(4): 52-61.
- [26] 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,2013,41(1):103-107,145.
- [27] 杨晓君,张楠,陈宏,等. 一次回流型降雪过程的成因和相态判据分析[J]. 气象科技,2019,47(1):98-105.

Comparative Analysis of Causes for Two Extreme Freezing Rains in Guizhou Province

LI Zhongyan^{1,2} REN Manlin¹ TAN Yaheng¹ YAN Xiaodong¹ WANG Shuo¹

(1 Climate center of Guizhou Province, Guiyang 550002; 2 Key Laboratory of the Mountain Climate and Resources of Guizhou Province, Guiyang 550002)

Abstract: Based on data from 84 observation stations in Guizhou Province and NCEP/NCAR reanalysis, a comprehensive comparative analysis of two extreme freezing rains that occurred in 2008 and 2011 are made through temperature declining amplitudes, affected stations, sea surface temperature patterns and circulation patterns. The results show that: the Eastern type of La Nina with medium intensity provided a favourable condition for the development of freezing rain in two cases. Besides, there were some similar circulation patterns in two cases, such as positive geopotential height anomalies over West Asia and negative geopotential height over East Asia at 500 hPa, stable maintenance of shear line at 850 hPa, southwest jet at 700 hPa, temperature inversion layer and melting layer between 800 to 600 hPa, which were conducive to the formation of freezing rain. However, compared to the case in 2011, it could be observed that the shear line located further north, southwest jet at 850 hPa and temperature inversion layer had stronger intensity and larger area, colder temperature advection and thicker melting layer with longer duration and higher centre temperature from the case in 2008, which could possibly result in more significant influence from freezing rains in 2008.

Keywords: freezing rain; cause analysis; melting layer; temperature inversion