

怀化市一次大范围暴雪天气成因分析

彭艳青 张昆 王起唤 陈红专¹

(湖南省怀化市气象局, 湖南 怀化 418000)

【摘要】: 为提高对暴雪的预报能力, 减少暴雪灾害损失, 利用常规观测资料与 NCEP(分辨率: $1^{\circ} \times 1^{\circ}$) 再分析资料, 对 2018 年 12 月 29 日至 30 日发生在怀化地区的一次大范围暴雪天气过程成因进行分析, 结果表明: 低层 850hPa 至地面的冷垫使得充沛的水汽在中高层积累和凝结从而触发此次暴雪过程; 700hPa 西南低空急流的维持和加强为暴雪过程提供充沛的水汽条件; 500hPa 南支槽维持、东移和加深导致的大尺度强迫, 是暴雪所需上升运动的主要来源之一; 准静止锋稳定维持有利于垂直运动的发展; 高空急流促进并加强了辐合上升运动, 对暴雪有增幅作用; 地面气压升至 1040hPa 以上, 850hPa、700hPa 和 500hPa 温度分别降至 -9°C 、 -3°C 和 -14°C , 是怀化出现暴雪天气的有利层结条件。

【关键词】: 怀化 大范围 暴雪 成因

【中图分类号】: P426. 63 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1003-6563(2022)02-0071-05

0 引言

暴雪和冻雨是湖南冬季的两种主要灾害性天气。过去已有学者^[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]从不同角度对我国南方的雨雪冰冻天气过程进行了大量分析, 其中姚蓉等^[1]使用 WRF 模式对 2011 年 1 月 17 日至 20 日湖南一次大范围暴雪过程的云微物理特征及降水相态转换机制进行了数值模拟, 发现冰雪粒子大值中心及强上升运动区对预报强降雪带位置有较好的指示作用; 陈红专等^[2]指出 700hPa 西南急流的建立和加强为暴雪区带来源源不断的水汽供应和不稳定能量, 持续而强盛的水汽输送和水汽辐合对暴雪维持和加强至关重要, 而高空急流和锋面的耦合加强了湖南区域的上升运动, 是暴雪天气持续的主要原因; 徐双柱等^[3]采取物理参数指标结合数值预报建立了湖北省大雪客观预报方法, 在实时预报业务中运行效果较好; 姚蓉等^[4]分析研究了湖南省降水相态转变的温度层结阈值: 当 850~700hPa 有明显逆温、700hPa 温度高于 0°C 、850hPa 和 925hPa 温度低于 -4°C 、地面温度低于 0°C 时, 容易出现冻雨; 当地面温度为 0°C 左右、地面以上层次温度低于 0°C 时, 容易出现降雪; 唐群等^[5]指出降水相态的变化与温度层结特征及气层厚度密切相关, 有冷式逆温和 700hPa 与 850hPa 高度差小于 155dagpm 的气层更有利于纯雪的出现。但近些年针对南方地区雨雪冰冻过程多以研究降水相态转换机制为主, 对暴雪尤其是大范围暴雪的成因研究相对较少。

怀化市位于湖南西部, 由于其特殊的地理位置和地形条件, 冬季北方的冷空气在南下过程中逐渐变性, 势力也逐渐减弱, 因此冬季出现暴雪天气尤其是大范围暴雪天气的概率极小。2018 年 12 月 29 日至 30 日, 怀化市出现了一次全市性的暴雪天气过程, 这种大范围的暴雪天气过程在怀化地区较为罕见。因此对此次暴雪天气过程的成因分析和经验积累是非常有必要的。本文利用常规观测资料及 NCEP 再分析资料着重对怀化地区的大范围暴雪过程成因进行分析, 以期降雪预报提供有益参考, 提高对暴雪的预报能力。

¹作者简介: 彭艳青, 女, 工程师, 主要从事天气预报及灾害性天气研究工作。

基金项目: 湖南省短平快项目(XQKJ21B017)

1 过程实况

2018年12月29日至30日,受高空南支槽、中低层强盛的西南暖湿气流以及地面冷空气共同影响,怀化自北向南出现了一次全市性暴雪天气过程。此次过程降雪强度大、积雪范围广、致灾性强。

在过程前期,27日白天起,受地面冷空气不断补充南下影响,气温逐渐下降,到27日晚上,北部的沅陵站气温降至 2°C 左右,并开始出现雨夹雪;至28日夜间,全市地面气温已降至 0°C 以下,48小时降温幅度在 $5\sim 7^{\circ}\text{C}$ 左右,沅陵站由雨夹雪转为小雪天气,其他县市区由降雨转为雨夹雪和冻雨天气;29日白天,全市以小雪为主;29日夜间到30日白天,全市地面及以上各层温度均降至 0°C 以下,伴随着高空槽的东移和中低层西南急流的加强,全市自北向南出现暴雪;30日晚上,降雪基本停止。整个过程期间,降雪主要集中在29日晚上至30日白天,全市所有国家站降雪量都达到暴雪标准,最大积雪深度达 16cm ,出现在溆浦站。

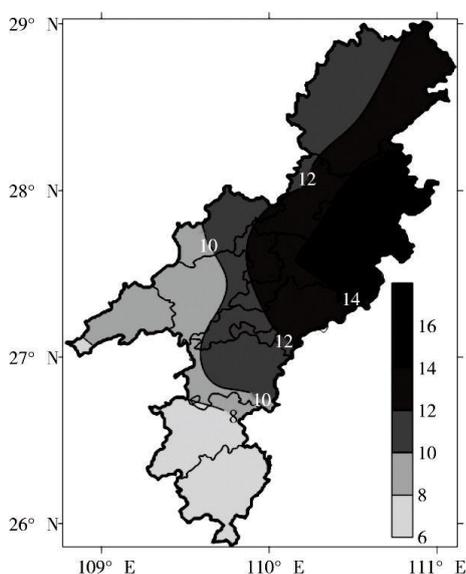


图1 怀化市2018年12月29日20时至2018年12月30日20时积雪深度(单位:cm)

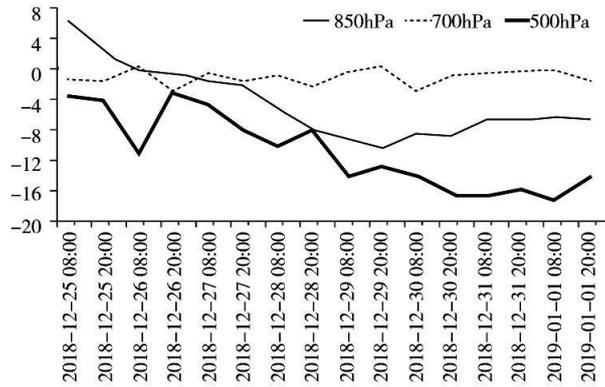
2 层结条件分析

降水相态的变化与对流层中低层的温度层结密切相关,从怀化探空站各层温度的变化看(图2(a)),过程开始前26日至27日,怀化站 850hPa 和 700hPa 温度在 0°C 附近, 500hPa 温度不低于 -10°C 。27日20时后,各层温度开始持续下降,尤其是 850hPa 和 500hPa ,29日两层的温度分别降至 -9°C 和 -14°C ,而 700hPa 温度在 0°C 附近振荡,29日晚上至30日白天的暴雪时段, 700hPa 温度降至 -3°C 。同时段的地面温度和气压场上(图2(b)),受冷空气影响,地面温度呈持续下降的趋势,30日08时降至最低的 -3.4°C ,而地面气压持续上升,28日地面气压升至 1030hPa 以上,达到怀化地区降雪的阈值标准,在暴雪时段,地面气压在 1040hPa 以上。

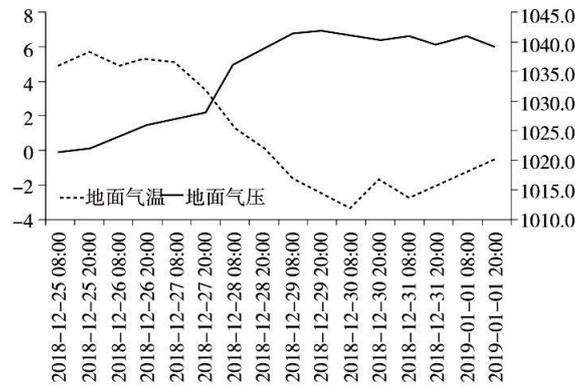
3 环流背景分析

分析暴雪过程前期及期间(2018年12月25日至31日) 500hPa 平均位势高度场(图3)可知,亚欧大陆中高纬地区为明显的“ Ω ”流型,乌拉尔山以东到贝加尔湖地区为东北-西南向的长波脊,亚洲东部为一横槽,脊前的偏北气流不断引导冷空气在贝加尔湖附近的横槽内聚集,汇成一股极寒冷的冷空气,26日晚上起,横槽转竖,引导冷空气大举南下;在中低纬地区,有南支

槽东传, 南支槽前来自印度洋及孟加拉湾的暖湿气流与北方冷空气在长江流域不断交汇。700hPa 上, 过程开始前的 25 日, 西南急流已经建立, 急流轴稳定维持在贵州到湖南中部及江西北部一带; 到 29 日 20 时, 急流有所加强, 怀化站风速达 $20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 有利于水汽向怀化地区的输送及辐合, 使得降雪增强; 30 日 08 时, 急流轴有所南压, 怀化地区急流减弱, 降雪减弱。850hPa 及以下为偏北风, 形成冷垫, 利于暖湿气流沿冷垫辐合抬升, 水汽在中高层积累和凝结从而触发降雪; 海平面气压场上(图略), 25 日 20 时, 新西伯利亚由一中心为 1060hPa 的冷高压控制, 冷锋位于我国东北地区; 到 27 日 14 时, 冷高压中心强度增至 1077.5hPa, 怀化处在该强冷高压底部, 地面锋区南压至华南地区, 之后稳定少动形成华南准静止锋, 在蒙古冷高压前的黄淮一带有明显的副冷锋。过程期间, 冷高压中心并未明显南下, 冷空气以补充南下方式影响江南、华南等地, 有利于华南准静止锋的维持, 使得静止锋后的怀化地区形成持续性低温雨雪天气。



(a)



(b)

图 2 怀化探空站高空温度(a, 单位: $^{\circ}\text{C}$), 地面气温和气压(b, 单位: hPa)的时间序列图

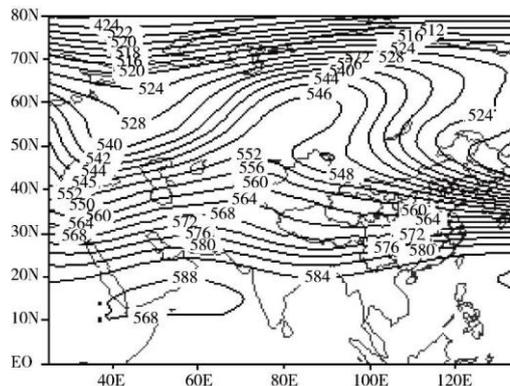


图3 2018年12月25日至31日平均500hPa位势高度场(单位:dagpm)

4 物理量分析

4.1 水汽条件分析

西南急流的建立和加强为暴雪区带来源源不断的水汽供应,过程开始前700hPa低空急流已经建立,急流轴在前期稳定维持在 27°N 附近,29日西南低空急流进一步加强,西南气流风速在 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上,怀化探空站29日20时700hPa西南风速达 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,与暴雪的出现时间段相对应,30日08时,低空急流强度维持,但急流轴缓慢南移,暴雪也主要位于怀化南部,30日20时后低空急流明显减弱,降雪过程结束。分析过程期间水汽通量沿 110°E (怀化位于 $110^{\circ}\text{E},27^{\circ}\text{N}$ 附近)的时间经向剖面可知(图4(a)),过程期间700hPa有较强的水汽通量输送,尤其是29日至30日的强水汽通量中心影响范围最大,水汽输送强度明显加强,输送中心值高达 $10\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上,而且水汽通量加强和南移的变化趋势与低空急流的变化一致,说明水汽通量输送的加强与该期间西南急流加强密切相关。从区域($26^{\circ}\sim 29^{\circ}\text{N},109^{\circ}\sim 111^{\circ}\text{E}$)平均水汽通量的时间演变看(图略),过程期间怀化市维持较强的水汽通量输送,且水汽的输送中心主要位于700hPa,尤其是29日开始,水汽通量明显加强,强水汽输送区向上发展,集中在700~500hPa层,中心值超过 $9\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$,这一时段刚好对应700hPa西南急流的明显加强,湖南区域出现 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西南急流。从平均水汽通量散度的时间演变(图4(b))也可以发现,强辐合中心位于800~700hPa,在降雪最强的29日晚上,水汽辐合最明显。

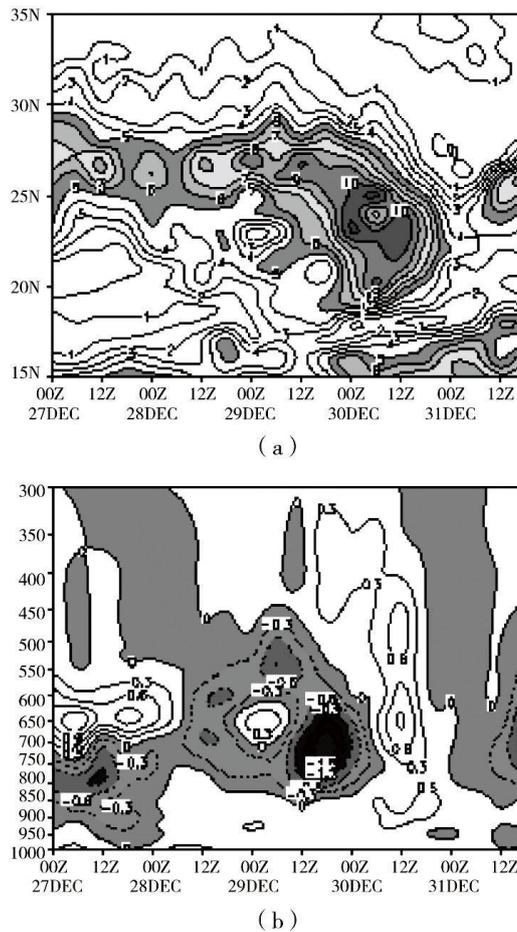


图4 水汽通量(a,单位: $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)沿 110°E 的时间-经向剖面图,区域($109^{\circ}\sim 111^{\circ}\text{E},26^{\circ}\sim 29^{\circ}\text{N}$)平均的水汽

通量散度(b, 单位: $10^{-7} \cdot \text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)的时间-高度剖面图

4.2 动力条件分析

4.2.1 1500hPa 正涡度东传有利于垂直上升运动的发展与维持

此次暴雪的发生与 500hPa 南支槽稳定维持和缓慢移动密切相关。27 日南支槽已建立, 但位置偏西, 我国南方地区 500hPa 主要受平直西风气流影响; 由于南支槽移动缓慢, 直到 29 日, 南支槽才移到孟加拉湾东部, 怀化市开始受槽前西南气流控制; 29 日 20 时(图 5(a)), 南支槽加深并缓慢东移; 30 日 08 时南支槽与北支槽合并, 30 日 20 时后北支槽东移, 暴雪过程结束。从图 5(b)可看出, 暴雪期间青藏高原有一次明显的正涡度向东传播至我国东部地区的过程, 正涡度的东传有利于垂直上升运动的维持和加强。可见南支槽维持、东移和加深导致大尺度强迫, 有利于大范围垂直上升运动的发展与维持, 是暴雪所需上升运动的主要来源之一。

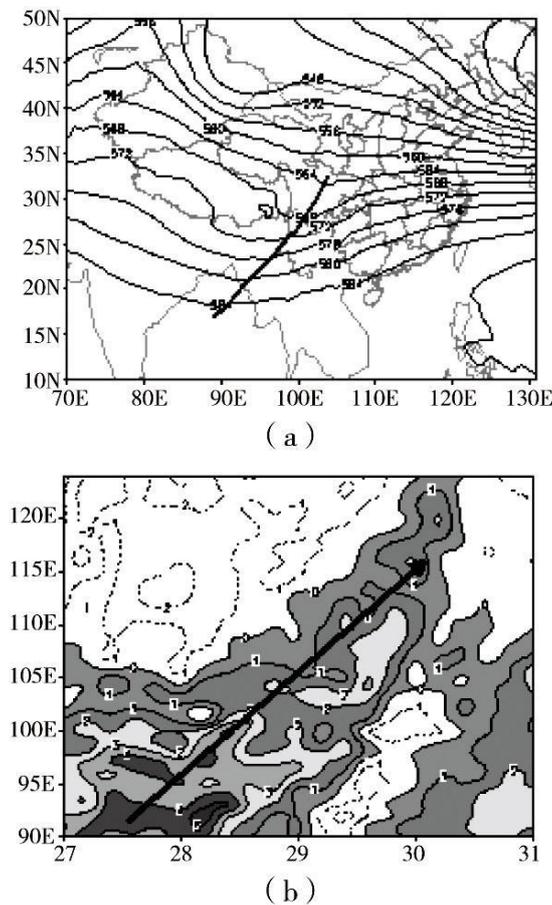


图 5 12 月 29 日 20 时 500hPa 高度场(a, 单位: dagpm)以及区域(25° ~30° N)平均的 500hPa 涡度时间-纬向剖面图(b, 单位: 10^{-5}s^{-1})

4.2.2 准静止锋稳定维持有利于垂直运动的发展

强冷空气南下不但为此次暴雪过程提供了冷空气条件, 而且冷暖气流辐合有利于锋生, 暖湿气流沿锋面抬升, 有利于垂直上升运动的发展, 因而水汽在中高层积累和凝结从而有利于降雪的发生。从图 6 可看出, 27 日冷空气已影响到怀化(黑色直线标注

区域),冷锋位于华南地区,之后稳定少动,形成准静止锋并一直维持在华南地区;从垂直速度场可以看出,上升运动位于锋面之上,沿锋面向上倾斜,尤其是29日20时之后,垂直上升运动明显加强,30日08时暴雪区上升运动达到最强,导致怀化全市出现暴雪。

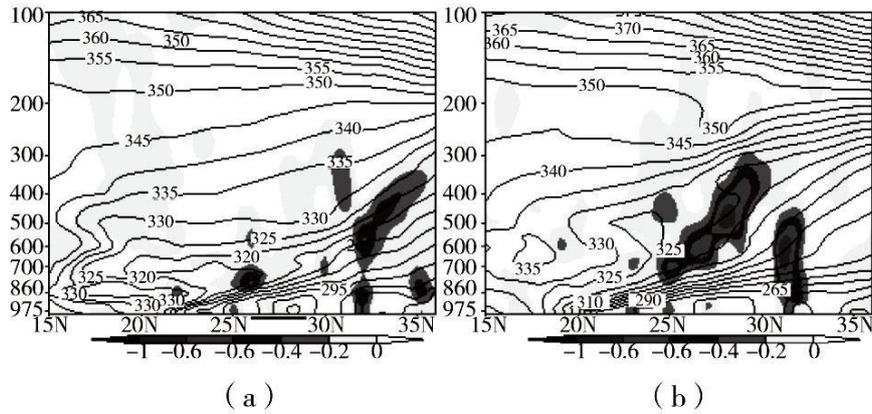


图6 假相当位温(等值线,单位:K)和垂直速度(色斑,单位: $\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)沿 110°E 的垂直剖面图

a:27日08时,b:30日08时

4.2.3 高空急流促进并加强了辐合上升运动

雨雪过程中,高空200hPa急流附近的辐散区能给暴雪区提供较好的上升动力条件。在暴雪前期,27日至28日,200hPa急流核呈东西向,位置偏北,位于 $35^\circ \sim 40^\circ \text{N}$ (图略),而到了29日,急流核入口端逐渐转为东北—西南向,同时急流核也在增强,至29日20时(图7(a)),急流核中心风速值增至 $110 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,随着急流入口端的南移,怀化地区正好位于高空急流入口处右侧,此处的辐散和低层锋面的强迫抬升作用,促进并加强了垂直上升运动,使得700hPa充沛的水汽得到源源不断的辐合上升,急流入口位置在此维持至30日20时(图7(b)),恰好对应了产生暴雪的集中时段。

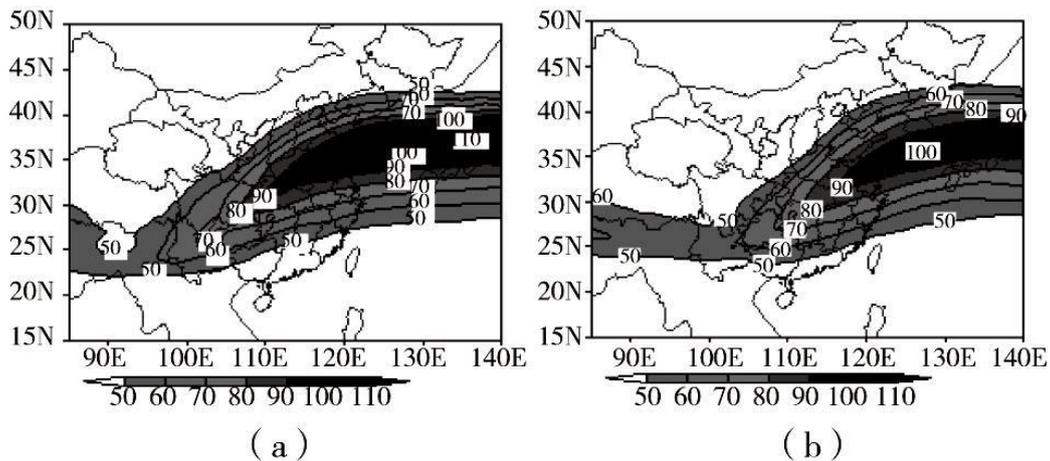


图7 200hPa全风速(色斑及等值线,单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,a:29日20时,b:30日20时)

5 结论

总体来说,此次过程是由 500hPa 南支槽、700hPa 西南急流、以及地面强冷空气共同影响造成的,低层 850hPa 及以下至地面的冷垫使得 700hPa 充沛的水汽在中高层积累和凝结从而触发此次暴雪过程。700hPa 西南低空急流的维持和加强为暴雪过程提供充沛的水汽条件;500hPa 南支槽维持、东移和加深导致的大尺度强迫,是暴雪所需上升运动的主要来源之一;强冷空气南下不但为此次暴雪过程提供了冷垫条件,而且冷暖气流辐合有利于锋生,暖湿气流沿锋面抬升,有利于垂直上升运动的发展;高空辐散的强迫抬升作用,促进并加强了垂直上升运动,使得 700hPa 充沛的水汽得到源源不断的辐合上升,对暴雪有增幅作用。

此次暴雪过程中怀化站 850hPa、700hPa 和 500hPa 分别降至 -9°C 、 -3°C 和 -14°C ,地面气压升至 1040hPa 以上,为今后暴雪预报提供了较好的参考指标。

参考文献:

- [1]姚蓉,叶成志,田莹,等.2011年初湖南暴雪过程的成因和数值模拟分析[J].气象,2012,38(7):848-857.
- [2]陈红专,叶成志,龙丽华.2011年1月湖南罕见持续性暴雪天气成因分析[J].暴雨灾害,2012,31(2):141-148.
- [3]徐双柱,王晓玲,王平,等.湖北省冬季大雪成因分析与预报方法研究[J].暴雨灾害,2009,28(4):333-338.
- [4]姚蓉,唐佳,唐明晖,等.“14.02”湖南三次雨雪过程对比分析[J].气象,2014,40(12):1500-1506.
- [5]唐群,张杰,陈红专,等.2014年2月怀化3次雨雪天气过程对比分析[J].贵州气象,2016,40(2):57-64.
- [6]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.
- [7]高守亭,张昕,王瑾,等.贵州冻雨形成的环境场条件及其预报方法[J].大气科学,2014,38(4):645-655.
- [8]漆梁波,张瑛.中国东部地区冬季降水相态的识别判据研究[J].气象,2012,38(1):96-102.
- [9]漆梁波.我国冬季冻雨和冰粒天气的形成机制及预报着眼点[J].气象,2012,38(7):769-778.
- [10]王智宇,江虹,宋玉明.一次历史罕见的雨转暴雪天气过程分析[J].吉林气象,2010(4):2-8.