

文章编号:2096 - 5389(2020)06 - 0001 - 08

贵州铜仁一次罕见暴雪过程分析

冉仙果¹, 胡 萍², 杨 群², 聂 云², 舒亦菲²

(1. 贵州省沿河土家族自治县气象局, 贵州 沿河 565300; 2. 贵州省铜仁市气象局, 贵州 铜仁 554300)

摘 要: 该文利用常规探测资料、NCEP 再分析资料和多普勒雷达资料, 对 2018 年 12 月 29—30 日铜仁市暴雪过程的环流形势特征与成因进行分析, 结果表明: 此次暴雪过程发生在高空南支槽、多波动槽东移、700 hPa 西南暖湿急流输送及 850 hPa 东北回流冷垫的环流背景下, 表现出持续时间长、范围广、强度大、积雪深的特征; 强降雪阶段对流层低层有来自孟加拉湾的源源不断的水汽输送, 湿层厚度增强, 且有较强的水汽辐合; 700 hPa 较强的垂直上升运动及对流层中低层较强的垂直风切变有利于暴雪天气的发生; 强降雪时刻暴雪区 800 hPa 以上位于高层冷平流、低层暖平流的叠加区域, 为不稳定大气; 此次降雪具有对流性和持续性特征, 雷达反射率回波云团具有列车效应。

关键词: 暴雪; 南支槽; 水汽输送; 西南急流; 东北回流

中图分类号: P458.1⁺2 **文献标识码:** A

Analysis of a Rare Blizzard Process in Tongren, Guizhou

RAN Xianguo¹, HU Ping², YANG Qun², NIE Yun², SHU Yifei²

(1. Yanhe Meteorological Station of Guizhou Province, Yanhe 565300, China;

2. Tongren Meteorological Bureau of Guizhou Province, Tongren 554300, China)

Abstract: Using conventional detection data, NCEP reanalysis data and Doppler radar data, the circulation characteristics and causes of the blizzard process in Tongren city on December 29 to 30, 2018 were analyzed. The results show that the blizzard occurred under the circulation background of the southern support trough, the eastward movement of the multi - wave trough, the 700 hPa southwest warm wet jet transport and the 850 hPa northeast reflux cold pad. It has the characteristics of long duration, wide range, great intensity and deep snow cover. In the stage of heavy snowfall, there is a continuous water vapor transport from Bengal Bay in the lower troposphere, and the wet layer thickens with stronger water vapor convergence. The 700 hPa strong vertical upward movement and the strong vertical wind shear in the middle and lower troposphere are conducive to the occurrence of blizzard weather. At the time of heavy snowfall, the blizzard area above 800 hPa is located in the superposition region of cold advection in the upper layer and warm advection in the lower layer, and it is an unstable atmosphere. The snowfall has convective and persistent characteristics, and the radar reflectivity echo cloud has train effect.

Key words: blizzard; southern trough; water vapor transport; southwest jet; the northeast backflow

0 引言

贵州冬季冻雨天气出现较多, 雨夹雪次之, 大

雪或暴雪天气(称为降雪)偶有出现^[1], 而一旦出现降雪天气和冻雨天气, 将出现长时间的道路结冰、电线结冰等持续性灾害天气, 对交通、工农业生产

收稿日期: 2019 - 11 - 29

第一作者简介: 冉仙果(1992—), 男, 助工, 主要从事县级综合业务研究, E-mail: 438496358@qq.com。

通讯作者简介: 徐大红(1969—), 女, 副高, 主要从事中短期天气预报及气候预测研究, E-mail: 707136868@qq.com。

资助项目: 贵州省气象局科研业务项目(黔气科登[2019]03-01号); 铜仁市寒潮特征分析及预报指标; 省科技厅项目黔科合基础[2018]1158: 基于气候变化的梵净山水资源响应事实分析。

及人们的生活造成极大影响。宋丹^[2]等发现北脊南槽型、横槽南支型、平直多波动型和高空急流型是造成贵州降雪的主要环流特征;张迎新^[3]对回流暴雪过程的诊断分析表明,回流暴雪的开始和结束与高低层的风向有关,中层来自南方的西南暖湿气流,叠加在低层干冷气团之上;何群英^[4]等分析指出天津地区发生的回流降雪天气过程始终是处于地面回流形势中的;崔慧慧^[5]等对 2018 年初豫南特大暴雪过程的特征与成因进行分析发现逆温层上的西南暖湿气流沿低空冷垫爬升,低空垂直风切变的变化对降雪强度变化有较好的指示意义;姚晨^[6]等指出强降雪时段很好的对应了大气可降水量的峰值;肖蕾^[7]等发现 700 切变对降雪有较好的指示意义。2018 年 12 月 29—30 日,铜仁市东部出现暴雪天气,其过程总降雪量大,积雪深,并伴有持续低温、道路结冰等灾害,造成全市各个区县受到不同程度的影响,道路结冰致使多处道路有车辆及人员的滞留,此次降雪还造成房屋损坏、养殖场坍塌、牲畜死亡及蔬菜、油菜等农作物受灾严重,总共经济

损失 9 292.69 万元。本文将利用常规探测资料、NCEP 再分析资料和多普勒雷达资料,对 2018 年底铜仁市暴雪过程的环流形势特征与成因进行分析,以期提高降雪天气的预报准确率。

1 天气概况

2018 年 12 月 27 日夜間全市开始出现小雨,28 日夜間地势高处出现小雪,29 日 08 时铜仁市自东向西开始转小到中雪,29 日夜間到 30 日白天全市出现了中到大雪,市东部出现暴雪,30 日 14 时后雪逐渐停止,铜仁市各区县均出现了电线结冰,最大为万山 38 mm(含电线直径 26.8 mm)。积雪深度分布图显示(图 1a),此次降雪过程范围较广,降雪集中在 29 日夜間和 30 日上午,碧江、松桃、万山和玉屏出现暴雪,碧江雪深最大达 14 mm,思南、印江、石阡和江口出现大雪。松桃降雨时序图中(图 1b),29 日 18 时之前为小雨天气,18 时之后由雨夹雪逐渐转为纯雪天气,在 30 日 03、04 时降雪量最大。

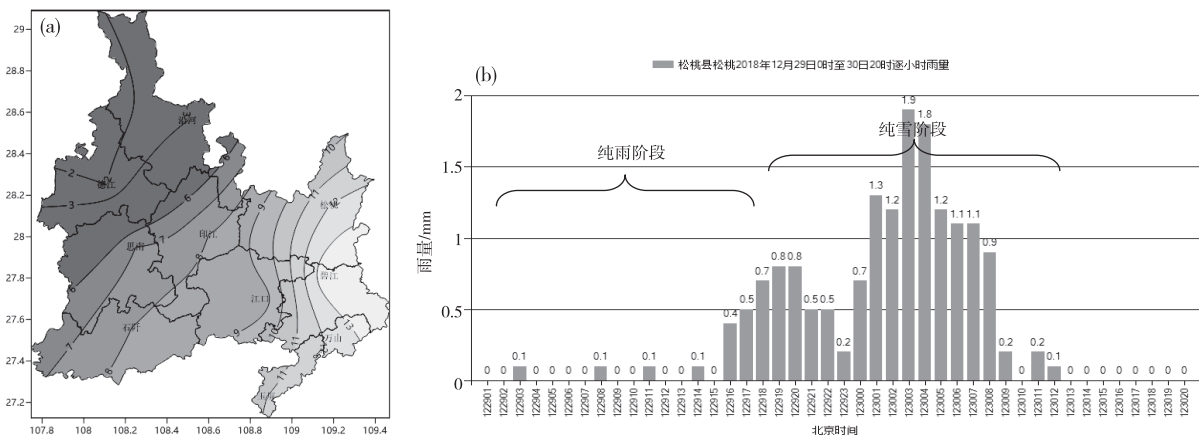


图 1 29 日 20 时—30 日 14 时及铜仁市雪深图(a)及松桃降雨量时序图(b)

Fig. 1 Snow depth map of Tongren City (a) and Songtao rainfall time chart (b) from 20:00 on the 29th to 14:00 on the 30th

2 暴雪成因分析

2.1 环流背景

此次暴雪过程的主要影响系统为 500 hPa 南支槽、700 hPa 西南急流和 850 hPa 东北回流。暴雪期间,500 hPa 高纬度乌拉尔山以东地区有阻塞高压的建立并加强,高压脊前有冷平流输送至阻塞高压下游北疆地区的低压槽内,使得低压槽发展加强,之后转竖,冷空气补充南下,27—29 日低压槽底部中纬度不断有短波槽东移影响贵州,为暴雪长时间维持提供了稳定的天气尺度背景,并引导冷空气的补充南下,有利于低层冷垫长时间维持,中低纬南支

槽加强东移,位于槽前的铜仁市得到孟加拉湾源源不断的水汽输送。

29 日 08 时(图 2a),500 hPa 中高纬阻塞高压位于巴尔喀什湖附近,我国东北地区有一横槽,新疆盆地受低槽影响;中纬度河套地区有波动槽发展;中低纬孟加拉湾则维持一南支槽;700 hPa 西南急流位于云南东部—贵州东南部—长江中下游一带,切变线位于四川东部,0℃线在贵州南部;850 hPa 受高压底部东北回流影响,四川东部有浅涡存在,沿海地带有一冷切变,华北—东北地区有东北急流,加强冷空气的输送,0℃线在广西北部,铜仁市有逆温层存在,-4℃线在贵州省中部,温度锋区呈东西

向,略向下弯曲,在云南东部—广西中部一带,切变线北侧的东北风和温度锋区夹角很小,基本平行,有弱冷平流,而切变线南侧有较强的暖平流输送。

29日20时(图2b),500 hPa低槽和南支槽维持,四川中部的波动槽东移加深;700 hPa西南急流加强东伸北上,切变线消失;850 hPa东北回流南扩,强度略减弱,冷舌加深,贝加尔湖以西的冷中心加强,锋区维持,冷暖平流输送略增强;中低层温度场基本维持。

30日08时(图略),500 hPa中高纬阻塞高压向东北方向伸展,东北地区的横槽加强,波动槽加强东移至四川东部,南支槽东移;700 hPa西南急流加强继续北上,急流轴南段南压广西北部;850 hPa仍为东北回流影响,0℃线南压,冷舌略微增强,西南

涡维持,沿海切变北抬—广西中部—广东中部一带,切变两侧的偏北风与偏南风与温度锋区的夹角达最大,冷暖平流显著增强。

29日08时—30日08时,925 hPa(图略),东北干冷急流维持;地面上冷高压位于巴湖以西,中心强度维持1 060 hPa,滇黔静止锋维持,铜仁市气压维持1 040 hPa,小雪范围逐渐南扩。

综上所述,此次暴雪为南支型。500 hPa稳定的环流背景是此次暴雪时间较长的主要原因;700 hPa西南急流的加强北抬为暴雪提供了有利的水汽输送条件;850 hPa东北回流不断地补充冷空气南下;冷空气南下在近地面层形成浅薄冷垫,有利于暖湿气流的抬升。

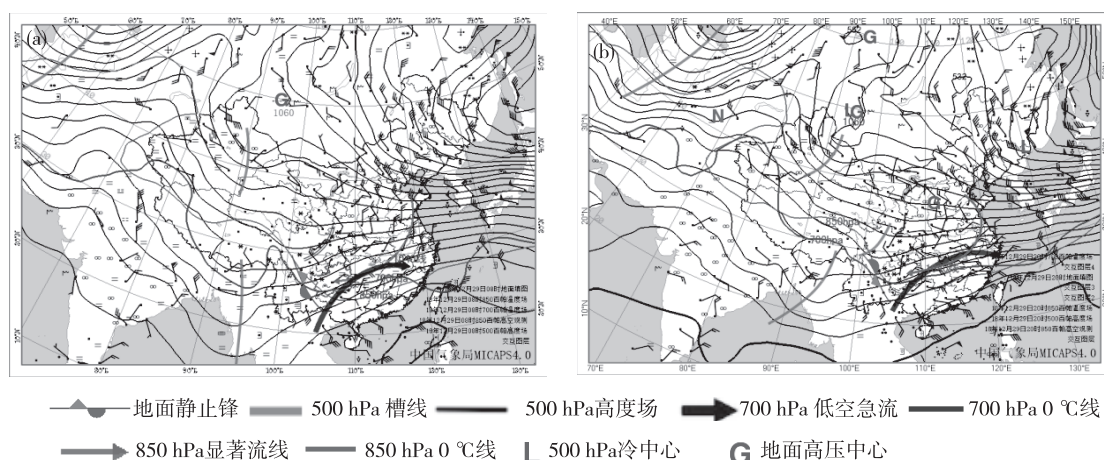


图2 2018年12月29日08时(a)、20时(b)系统配置及850 hPa风场(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig. 2 System configuration and 850 hPa wind field at 08:00 (a) on December 29, 2018 and 20:00 (b) on December 29, 2018 (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

2.2 水汽条件

暴雪的发生需要充足的水汽供应条件。此次暴雪过程在对流层低层有持续强烈的水汽输送与辐合。降雪期间850 hPa贵州均为东北气流,由此推断水汽的主要来源应该是700 hPa以上,因此分析700 hPa和500 hPa的水汽通量和风场。12月28日20时—29日08时(图略),四川东部有暖切变维持,29日20时(图3),铜仁市上空700 hPa高度上,暖切变减弱消散,在广西西北—贵州东南一带有水汽通道建立,对应西南急流不断增强,将孟加拉湾水汽不断输送至铜仁市,此时水汽通量中心值为 $12 \sim 20 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,急流轴上最大西南风速增强至 $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,铜仁市风速达 $14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,铜仁市处于水汽通道梯度区,500 hPa高度上,铜仁市位于南支槽前,槽前西南气流将孟加拉湾的水汽源

源不断的输送至铜仁市,风速增至 $26 \sim 28 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,水汽通量中心值也为 $24 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$;30日02时(图略),700 hPa的四川东部风速为 $1 \sim 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,切变消失,急流南压,铜仁市上空风速减小至 $16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,水汽通量中心值减小至 $8 \sim 16 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,铜仁市风速减小至 $16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,500 hPa上的西南急流维持,波动槽移至四川东部,水汽通量值略减小,中心值为 $20 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,可以看出随着水汽的减少,降雪增加;30日14时(图略)以后,700 hPa西南急流减弱且向东南移动,铜仁市逐渐转为偏西风,水汽通量值减小,500 hPa波动槽移至省西北部边缘,西南急流增强急流轴南下至贵州省东南部,铜仁市风速增至 $32 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,水汽通量值急剧减小至 $4 \sim 12 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,降雪随之减弱。

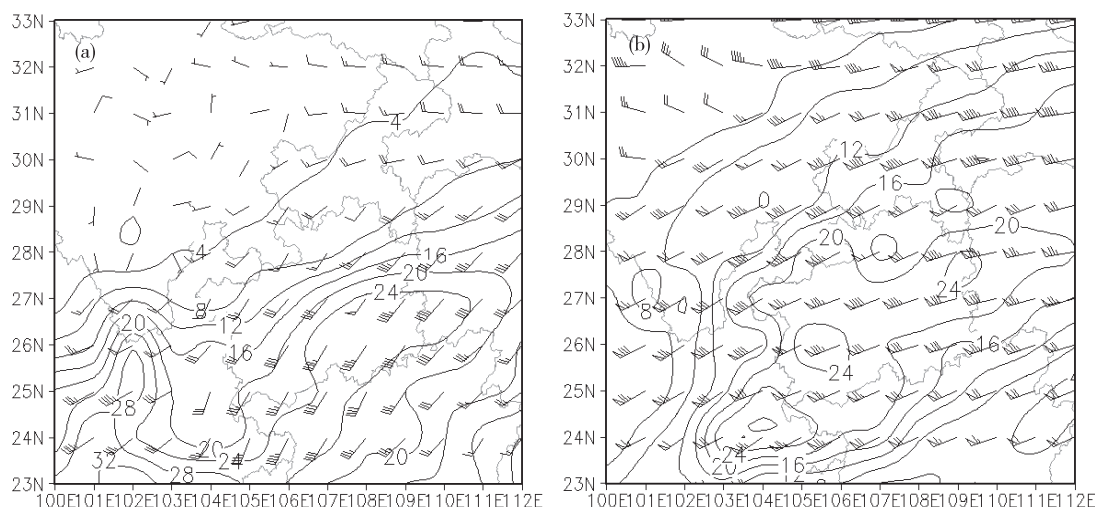


图3 2018年12月29日20时700 hPa(a)、500 hPa(b)水汽通量(阴影,单位: $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

与风场(风向杆,单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig.3 700 hPa (a) and 500 hPa (b) water vapor flux (shading, unit: $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) and wind field (wind bar, unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) at 20:00 on December 29, 2018

从铜仁市水汽通量散度的剖面图和相对湿度的时序图上来看,降雪发生前,对流层中层水汽辐合,对流层低层水汽辐散,且相对湿度厚度小;降雪发生时,29日20时(图4),对流层中层为水汽辐散,水汽辐合中心降低,800~600 hPa为水汽辐合区,水汽辐合中心在700 hPa附近,最大值为 $20 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,位于铜仁市东部,且相对湿度厚度(图5)逐渐增加至400 hPa附近,说明此时大气中水汽含量充足,中低层强辐合,高层强辐散的抽吸作用利于大范围降雪的产生;30日02时水汽辐

合高度不变,强度略减弱,水汽辐合中心仍处于铜仁市东部,相对湿度厚度持续增加,湿层深厚也是铜仁市东部降雪较西部区县大的原因之一;直至30日14时(图略),铜仁市上空整层为水汽辐散,且相对湿度急速减弱,降雪过程随之结束。

结合降雪实况可知,强降雪阶段对流层低层同时有来自孟加拉湾和东海南部的水汽输送,且有较强的水汽辐合,其中任一水汽通道的减弱或消失与水汽通量散度绝对值减小或转为正值都将意味着降雪趋于减弱或停止。

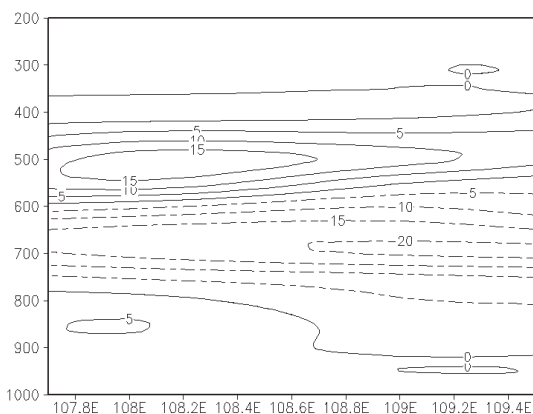


图4 2018年12月29日20时水汽通量散度(单位: $\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)沿 27.9°N 的垂直剖面

Fig.4 Vertical section of water vapor flux divergence (unit: $\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) along 27.9°N

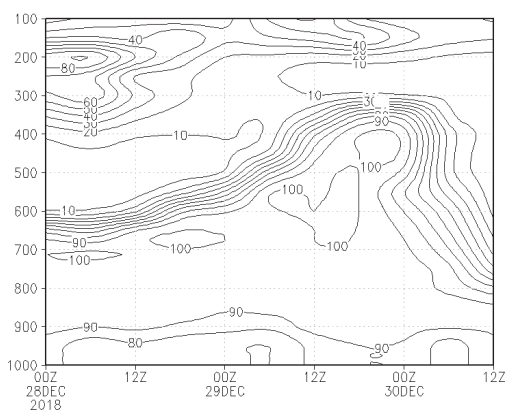


图5 2018年12月28日08时—30日20时

铜仁市本站相对湿度(单位:%)时序图

Fig.5 Timing chart of the relative humidity (unit:%) of Tongren City Station from 08 to 30 on December 30, 2018

2.3 动力抬升条件

从距离铜仁市最近的怀化探空站 T-lnp 图上可见,暴雪过程中,低层温度低于 0°C , 700 hPa 存在西南急流,有逆温层存在,湿层深厚,在 1 000 ~ 880 hPa 之间有偏北或东北风构成的冷垫。29 日 08 时(图 6a), 880 ~ 800 hPa 之间有逆温层,温差为 12°C , 850 hPa 附近以下为偏东北风,形成冷垫, 700 hPa 以上有强烈的西南暖湿急流输送水汽沿冷垫爬升, 570 hPa 以下为湿层, 700 hPa 西南偏西风速为 $16\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 750 ~ 700 hPa 层温度在 0°C 以上, 925 hPa 东北风速为 $8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 925 ~ 700 hPa 的垂直风切变为 $23.8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 相应的垂直速度剖面显示(图 7), 500 hPa 以上为上升运动区域,强度为 $-20\text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$, 29 日 14 时 700 hPa 垂直上升运动增强, 铜仁市开始转为小雪天气; 29 日 20 时(图 6b), 低层温度降至 -3°C , 逆温层顶抬升至 700 hPa 附近, 逆温

层增厚,温差减小为 11°C , 500 hPa 以上为冷平流,其厚度减小,暖湿气流爬升至 470 hPa, 700 hPa 西南急流维持, 925 hPa 东北风增强至 $10\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 两层间的垂直风切变增强至 $25.8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; 且 700 ~ 200 hPa 为上升运动区, 低层冷垫之上 600 hPa 高度处为最大抬升运动中心,强度增强至 $-50\text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$, 700 hPa 垂直上升运动持续到 30 日 02 时,降雪强度逐渐增强; 30 日 08 时(图略), 低层温度降至 -4°C , 逆温层厚度减弱,温差减小至 9°C , 冷暖平流强度减弱,湿层略增厚, 925 hPa 东北风速减弱至 $6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 其两层间垂直风切变减小至 $21.8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 其垂直速度上升运动中心抬升至 400 hPa, 质心升高, 上升厚度减小至 500 ~ 300 hPa, 700 hPa 的垂直上升运动减弱,降雪强度相应减弱; 在 14 时整层转为辐散下沉运动,降雪趋于结束。

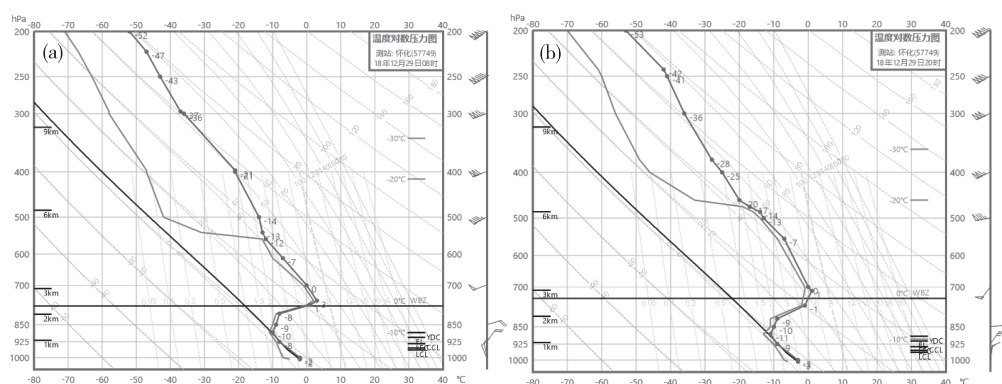


图 6 2018 年 12 月 29 日 08 时(a)、20 时(b) 怀化站 T-lnP 图和风廓线

(左侧短实线为距地面 1 km、2 km、3 km、6 km 高度的位置; 右侧短实线为 0°C 、 -10°C 、 -20°C 、 -30°C 温度层的高度;

LFC 为自由对流高度,单位为 hPa; CCL 为对流凝结高度,单位为 hPa; LCL 为抬升凝结高度,单位为 hPa)

Fig. 6 T-lnP diagram and wind profile of Huaihua Station at 08:00 (a) and 20:00 (b) on December 29, 2018

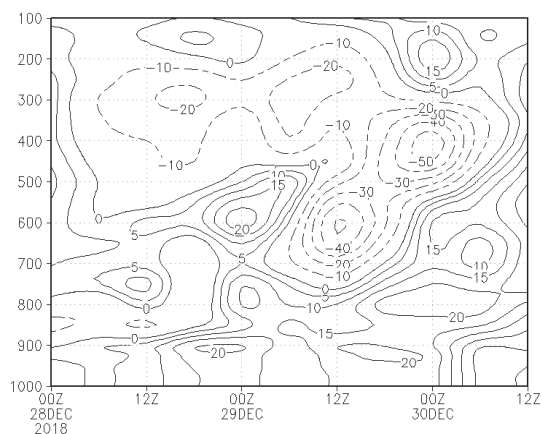


图 7 2018 年 12 月 28 日 08 时—30 日 20 时铜仁市本站垂直速度(单位: $\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$)时序图

Fig. 7 Timing chart of vertical speed (unit: $\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$) of Tongren City Station from 08 to 30 on December 30, 2018

可以看出,湿层厚度增强为暴雪提供了较好的水汽条件;持续的冷垫抬升为暴雪的不稳定能量释放提供了动力条件;700 hPa 较强的垂直上升运动较好的对应了降雪的强度;对流层中低层较强的垂直风切变为暴雪过程的发生创造了良好的动力不稳定条件。

2.4 热力条件

图 8 为沿 27.8°N 的温度平流纬向垂直剖面图。暴雪过程开始前 28 日 20 时(图略),在 700 ~ 850 hPa 之间存在弱的暖平流,在 103°E 上空 700 hPa 为暖平流, 500 hPa 附近为强冷平流,强度达 $-70\times 10^{-3}\text{ K}\cdot\text{s}^{-1}$, 在 29 日 08 时(图略)铜仁市上空 850 hPa 的暖平流得以增强,中心值达到 $6\times 10^{-3}\text{ K}\cdot\text{s}^{-1}$, $108^{\circ}\sim 109^{\circ}\text{E}$ 上空 900 ~ 800 hPa 为暖平流, 800 hPa 以上为冷平流,在 103°E 上空的暖平流及强冷平流

也在增强且中心高度升高,冷平流中心强度达 $-95 \times 10^{-3} \text{K} \cdot \text{s}^{-1}$,并且向铜仁市入侵,上空 500 hPa 处冷平流增强,强度达 $-35 \times 10^{-3} \text{K} \cdot \text{s}^{-1}$,高空强暖平流处于 106.5°E 附近 300 hPa 上空处;29 日 14 时(图略),铜仁市上空 800 hPa 转为弱暖平流,900 hPa 及近地面冷平流维持,在 103°E 上空的暖平流及强冷平流也随之减弱,冷平流中心高度升高至 250 hPa,强度减至 $-85 \times 10^{-3} \text{K} \cdot \text{s}^{-1}$,向铜仁市入侵的冷平流加强,强度达 $-55 \times 10^{-3} \text{K} \cdot \text{s}^{-1}$,高空强暖平流处于东移下传,此时铜仁市西部开始出现小雨转雪的天气;29 日 20 时(图 8a),铜仁市上空 800 hPa 附近暖平流范围增大,强度维持,其上为冷平流,尤其是

400 hPa 上空的强冷平流仍在继续东移,中高空急流增强,而 800 hPa 以下则为冷平流,及近地层冷空气垫,傍晚铜仁市东部开始转为纯雪天气,暴雪区位于 800 hPa 以上高层冷平流、低层暖平流的叠加区域,“上冷下暖”为不稳定大气;30 日 02 时(图 8b),高层冷平流减弱,低层暖平流减小,中高层冷平流中心东移下传至 600 hPa 附近,200 hPa 高空强暖平流东移,中心升高,不稳定能量逐渐释放,此时铜仁市东部降雪达最大;30 日 14 时(图略),铜仁市上空 700 hPa 以下无明显的温度平流,而 700 hPa 以上均为冷平流控制,强度减弱,高空强暖平流消散,不稳定能量释放完成,降雪逐渐减弱消散。

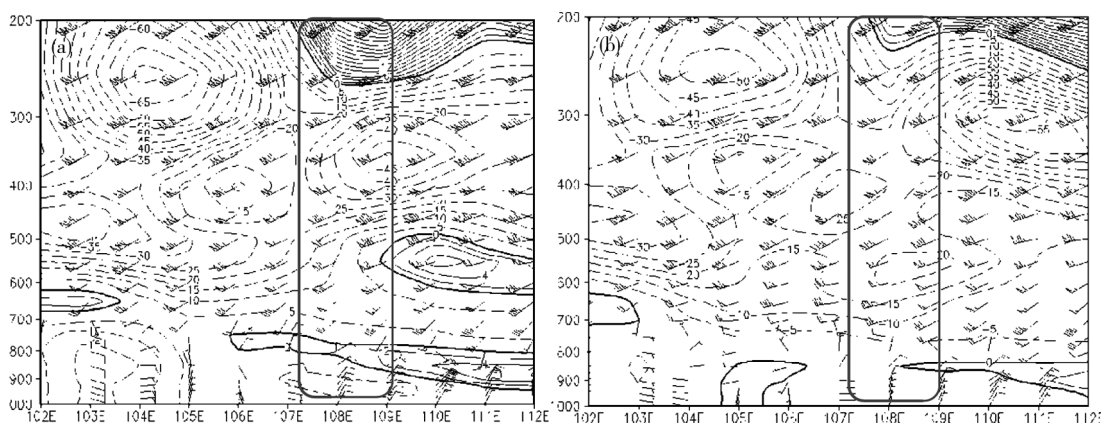


图 8 2018 年 12 月 29 日 20 时(a)、30 日 02 时(b)温度平流沿 27.8°N 的纬向剖面图

Fig. 8 Latitude cross-sectional view of temperature advection along 27.8°N at 20:00

(a) on December 29, 2018 and 2:00 on the 30th (b)

图 9 是铜仁市本站上空假相当位温 (θ_{se}) 和温度随高度的变化。定义锋面的下界面为 288 K,上界面为 315 K, θ_{se} 锋区特征线下界下方来自中高纬地区的冷气团,锋区特征线上界上方来自热带海洋面的暖气团,两特征线上下界之间为冷暖气团的过渡带,即锋区。28 日 20 时(图略)850 hPa 受冷气团控制,冷区 θ_{se} 值小于 284 K,东北风急流影响,700 hPa 以上有暖湿气团的爬升, θ_{se} 值大于 320 K,29 日 08 时(图 9a),暖舌不断向锋区上界面爬升北抬,在 27°N 上空附近 750 ~ 650 hPa 之间 θ_{se} 随高度增加,表明在铜仁市南部上空为对流不稳定大气,有弱对流不稳定能量的积聚, θ_{se} 梯度变大,锋区更为狭窄,锋区下方冷气团中心位于铜仁市近地面,高空急流增强,低空东北急流维持,29 日 20 时(图 9b),锋区下方冷气团加强,暖舌南移,强度减弱,不稳定能量释放,700 hPa 西南急流加强,此时降雪强度增大,之后铜仁市上空 θ_{se} 随高度增大,为稳定大气,造成持续性的降雪天气,30 日 14 时(图略),铜仁市近地层无冷暖气团交汇, θ_{se} 梯度减小,锋区变

宽,700 hPa 转为偏西风,急流消失,雪止转晴。

综上所述,强降雪时刻暴雪区上空冷平流叠加于低层暖平流之上为不稳定大气,800 hPa 附近为冷暖平流交汇区,之后铜仁市上空转为稳定大气,此次降雪初期为对流性降雪,之后转为持续性降雪,造成暴雪的发生。

3 雷达资料分析

3.1 基本反射率

从此次暴雪过程的 1.5° 仰角的雷达反射率因子图上看,主体呈层状云降水回波,回波强度分布较均匀,边缘模糊,局地有对流回波,具有混合性降水特征,与弱降水回波略有相似,此间有两次增强的时间段,一次在 29 日 17 时,一次在 30 日 02 时,均为东北移向。降雪回波强度在 15 ~ 40 dBz 之间,回波顶高在 4 km 以下。

29 日 17 时 12 分在铜仁市西南部有 20 ~ 25 dBz 强度的层状云回波生成,17 时 35 分在江口县西部的反射率因子强度增强至 35 dBz,18 时 10 分

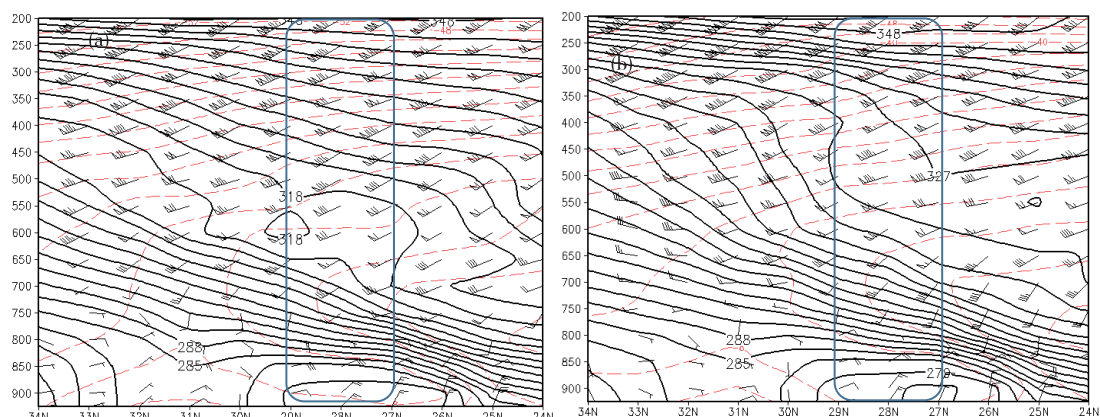


图9 2018年12月29日08时(a)、20时(b)假相当位温(黑色实线,单位:K)、
温度(红色虚线,单位:℃)及风场沿109.2°E的垂直剖面图

Fig. 9 8:00 (a) on December 29, 2018, 20:00 on 29 (b) false equivalent potential temperature (black solid line, unit: K), temperature (red dashed line, unit: °C) and wind field edge 109.2°E vertical profile

(图10a)强回波中心开始进入雷达站,此时在雷达站西南方向100 km以内有大片层状云回波,平均回波强度25~35 dBz,江口县南部最大回波强度达42 dBz,自西南向东北方向移动,在铜仁市西南部不断有新的回波主体生成发展,移向雷达站方向,19时01分(图10b)强回波中心移至江口县南部,强度达45 dBz,此时回波范围逐渐减小,之后回波呈斑点状,在20时44分铜仁市回波强度在15~30 dBz之间,较为分散;21时13分、21时53分两个时次在江口县南部均有一对流云团生成发展,朝雷达站方向移动,雷达站附近区域降雪不断增强,23时19分(图10c)雷达站区域回波开始减弱,降雪减弱,此时

在思南、印江的云团开始发展,强度增强至20~30 dBz,朝偏东方向移动,30日00时22分(图10d)回波主体移至松桃中部,最大回波强度达37 dBz,回波范围逐渐增大,00时45分铜仁市东部表现为大范围的层状云降水回波,尤其是万山区降雪增强,01时54分(图10e)强回波雨带分成两条,分别在铜仁市北部和东南部,朝偏东方向移动,04时17分在江口南部有回波发展,05时03分(图10f)移至雷达站附近,再一次致使铜仁市东部降雪强度增加,07时03分回波减弱,范围减小,09时27分回波减小至15 dBz以下,降雪减小,12时30分铜仁市没有回波,降雪结束。

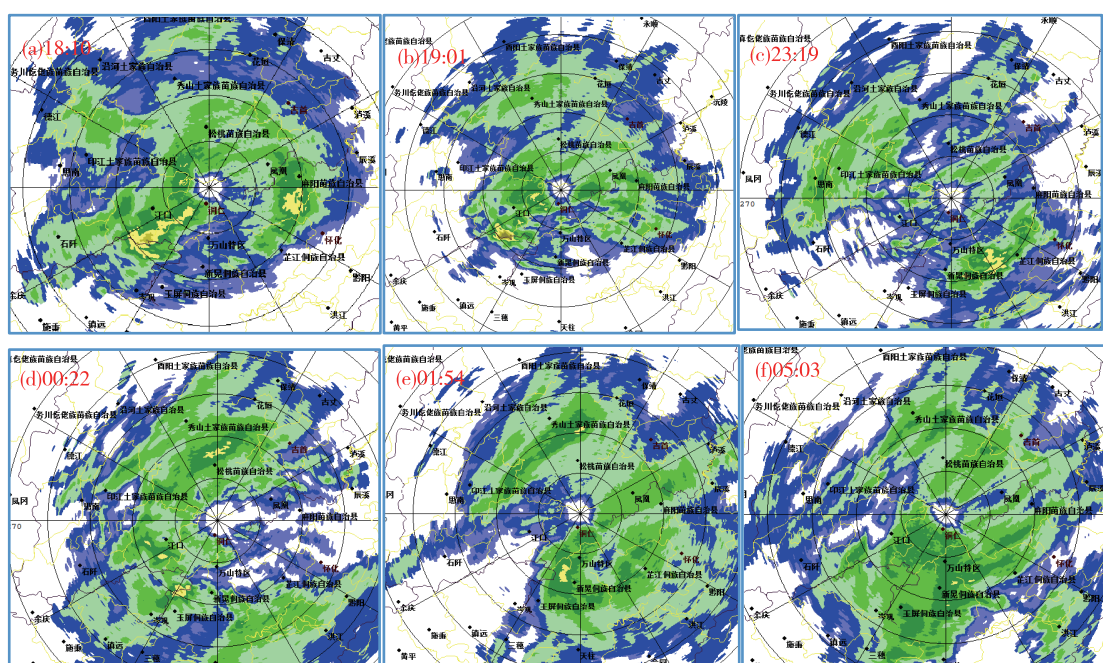


图10 2018年29—30日1.5°仰角的多普勒雷达的反射率因子

Fig. 10 Reflectance factor of Doppler radar at 1.5° elevation from 29 to 30, 2018

3.2 径向速度

从此次暴雪过程的 1.5°仰角的雷达平均径向速度图上分析,雷达站上空径向速度场中低层存在东北急流,径向速度零线呈现较明显的“S”型,低层吹北风,50km 处吹东风,风随高度顺转,暖平流强盛。

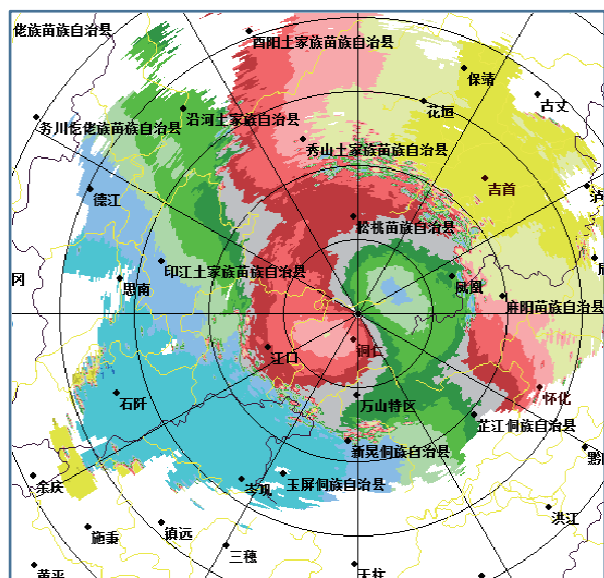


图 11 2018 年 29 日 18 时 10 分 1.5°仰角的多普勒雷达的径向速度

Fig. 11 Radial velocity of Doppler radar at an elevation angle of 1.5° at 18:10 on 29th, 2018

此次暴雪过程以对流性降水和稳定性层状云降水为主,在江口县南部不断有新的对流回波生成发展东移影响,形成列车效应,造成持续性的降雪从而形成暴雪天气。

4 结论与讨论

本文利用常规探测资料、NCEP 再分析资料和多普勒雷达资料,对 2018 年 12 月 29 日铜仁市暴雪过程的环流形势特征与成因进行了分析,得出以下结论:

①此次南支型暴雪过程持续时间长、范围广、积雪深,高空南支槽、700 hPa 西南急流和 850 hPa 东北回流是此次暴雪发生的有利天气尺度背景。

②强降雪阶段对流层低层有来自孟加拉湾源源不断的水汽输送,湿层厚度增强,且有较强的水汽辐合,其中任一水汽通道的减弱或消失与水汽通量散度绝对值减小或转为正值都将意味着降雪趋于减弱或停止。

③持续的冷垫抬升触发了暴雪极不稳定能量;700 hPa 较强的垂直上升运动较好的对应了降雪的强度;对流层中低层较强的垂直风切变为暴雪过程的发生创造了良好的动力条件。

④强降雪时刻暴雪区 800 hPa 以上位于高层冷平流、低层暖平流的叠加区域,为不稳定大气;此次降雪初期为对流性降雪,之后转为持续性降雪,有列车效应的现象,致使暴雪天气的发生。

问题:此次降雪前在 700 hPa 四川东部有切变,之后切变消失,也有暴雪的发生,这与“700 hPa 切变线对铜仁市暴雪天气的发生有指示意义”的结论相悖,是否说明 700 hPa 切变线并不是铜仁市降雪的必要条件;而此次过程暴雪区域出现在铜仁市中部地区,是否与梵净山特殊地形阻挡的原因,低层东北回流侵入铜仁市,爬不过梵净山,而 700 hPa 西南暖湿急流的输送,形成的层结不稳定天气,高空槽前抬升触发产生暴雪的原因,那么地形因素对暴雪是否产生了作用、作用有多大,还有待于今后进一步探讨研究。

参考文献

- [1] 曾维. 贵州强降雪天气过程环流形势分析[J]. 贵州气象, 2013, 36(6): 29-31.
- [2] 宋丹, 胡跃文, 刘丽萍. 贵州近 44 a 降雪天气形势及物理量诊断分析[J]. 气象科学, 2008, 28(B12): 71-77.
- [3] 张迎新, 侯瑞钦, 张守保. 回流暴雪过程的诊断分析和数值试验[J]. 气象, 2007, 33(9): 25-32.
- [4] 何群英, 孙一昕. 天津地区一次回流降雪过程结构特征及发生机理分析[J]. 气象与环境学报, 2017, 33(1): 26-33.
- [5] 崔慧慧, 苏爱芳. 2018 年初豫南特大暴雪过程的特征与成因分析[J]. 暴雨灾害, 2019(2): 10.
- [6] 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.
- [7] 肖蕾, 唐海, 张云秋, 等. 遵义市冬末初春两次寒潮降雪天气过程对比分析[J]. 中低纬山地气象, 2018, 42(3): 73-79.