

铜仁降雪天气特征及预报方法分析

李习瑾*, 徐大红#, 胡萍, 张李娟, 冉光镜

贵州省铜仁市气象局, 贵州 铜仁

收稿日期: 2023年10月2日; 录用日期: 2023年11月3日; 发布日期: 2023年11月10日

摘要

本文利用2004~2018年常规观测资料和积雪深度资料对铜仁降雪天气的分布特征、环流形势、动力、水汽条件进行分析。结果表明: 铜仁降雪呈现出东多西少的分布特征; 降雪天气可分为两槽一脊型和横槽转竖型两种; 影响铜仁降雪的天气系统主要有500 hPa的南支槽, 700 hPa的低空急流、切变线, 850 hPa的东北风、切变线, 地面东北回流冷空气; 降雪发生时, 850 hPa到500 hPa均为上升运动, 当500 hPa垂直速度 $\leq -16 \text{ pa}\cdot\text{s}^{-1}$ 时, 有利于出现中雪及以上量级的降雪天气; 降雪天气发生需要有强的水汽输送以及水汽在铜仁上空的形成辐合, 中雪及以上量级的降雪平均比湿、水汽通量、水汽通量散度值均比小雪天气大; 降雪探空图低层存在明显的锋面逆温层, 湿层发展至500 hPa附近, 以整层冷层居多。

关键词

降雪, 环流形势, 物理量场

Analysis of Snowfall Weather Characteristics and Forecasting Methods in Tongren

Xijin Li*, Dahong Xu#, Ping Hu, Lijuan Zhang, Guangjing Ran

Meteorological Bureau of Tongren, Tongren Guizhou

Received: Oct. 2nd, 2023; accepted: Nov. 3rd, 2023; published: Nov. 10th, 2023

Abstract

This paper uses the conventional observation data and snow depth data from 2004 to 2018 to analyze the distribution characteristics, circulation situation, dynamics, and water vapor conditions of snowfall weather in Tongren. The results show that: the snowfall in Tongren presents the distribution characteristics of more east and less west; snowfall weather can be divided into two

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 李习瑾, 徐大红, 胡萍, 张李娟, 冉光镜. 铜仁降雪天气特征及预报方法分析[J]. 气候变化研究快报, 2023, 12(6): 1122-1127. DOI: 10.12677/ccrl.2023.126115

troughs and one ridge type and horizontal trough to vertical type; the weather systems affecting Tongren snowfall mainly include the south branch trough at 500 hPa, and low-level jet at 700 hPa, shear line, northeasterly wind at 850 hPa, shear line, and cold air returning from the northeast on the ground; when snowfall occurs, 850 hPa to 500 hPa are all upward movements, and when the vertical speed of 500 hPa is $\leq -16\text{pa}\cdot\text{s}^{-1}$, it is favorable for the occurrence of snowfall weather with moderate snow and above; snowfall requires strong water vapor transport and the formation and convergence of water vapor over Tongren. Average specific humidity, water vapor flux, and water vapor flux divergence values of snowfall with moderate snow and above are larger than those in light snow; there is an obvious frontal inversion layer in the lower layer of the snowsonde, and the wet layer develops to around 500 hPa, and the whole layer is mostly cold layer.

Keywords

Snowfall, Circulation Situation, Physics Field Plate

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

贵州位于中国西南地区，地处云贵高原东侧，海拔高、纬度低，冬季经常受强冷空气南下影响，易出现冻雨和雨夹雪天气，大雪、暴雪偶有发生。冻雨和降雪作为贵州冬季最主要的灾害性天气，对人民生活、工农业生产、道路交通、建筑设施等有着严重不利影响。当冻雨和降雪接连出现时，常有范围广、时间长、影响大的特点。对于贵州的降雪天气，很多专家学者进行了大量的研究，杜小玲等[1]认为低层切变线、地面准静止锋是低温雨雪天气发生的重要影响系统。周文钰等[2]发现强降雪天气过程物理量配置呈现出深厚的冷平流。宋丹等[3]总结出贵州降雪天气分为北脊南槽型、横槽南支型、平直多波动型和高空急流型4种。曾维等[4]分析得出贵州强降雪天气预报着眼点主要有冷空气强度、引导系统、南支槽。罗喜平等[5]分析指出降雪过程湿层深厚，整层为冷性结构。顾欣[6]等总结出造成贵州省东南部强降雪的中尺度系统有：低涡切变线、辐合线、显著流线、湿舌等。肖蕾[7]等发现700 hPa切变影响与降雪时段对应较好。王兴菊[8]等发现贵州省降雪呈西北部多、西南部少，积雪深度呈中部多，南部、西南部少的特点。铜仁位于贵州东北部，目前针对此区域的降雪天气预报研究较少，降雪的量级和落区预报是铜仁气象工作者的重点和难点，因此有必要对铜仁降雪天气历史个例进行分析和总结，找出降雪天气的分布规律、环流特征和预报指标，从而提高降雪天气预报的准确率和服务水平。

2. 资料说明

本文利用2004年至2018年的常规观测资料和铜仁市内10个国家气象站的积雪深度资料。根据中国气象局降雪量等级标准结合本地的具体情况，将铜仁降雪量等级标准划分如下：非区域性降雪：1个或2个国家站出现降雪及积雪，由于万山站地理位置特殊，海拔达到884.3米，出现降雪天气的频率远高于其他站，所以当仅有万山站1个站出现降雪及积雪时不算作一次降雪过程。区域性降雪：3个及以上国家站出现降雪及积雪。杨琨[9]等研究发现我国冬季积雪深度变化值和相应降雪量的比值为 $0.75\text{cm}\cdot\text{mm}^{-1}$ ，所以本文将积雪深度1厘米对应降水量0.75毫米进行换算。以24小时降水量为划分标准，其中，降水量0.1~2.4毫米为小雪，2.5~4.9毫米为中雪，5.0~9.9毫米为大雪，达到或超过10毫米为暴雪。

3. 铜仁降雪基本特征

利用 2004~2018 年共 15 年的逐日积雪深度资料, 经过筛选, 去除首日出现降雪, 后续没有继续降雪但积雪尚未融化的日数, 得到各区县的降雪且积雪日数(表 1)为 7 (沿河)~77 (万山)次。最终得出降雪过程共 27 次, 其中非区域性降雪过程 8 次, 区域性降雪过程 19 次。

Table 1. Snowfall days at National Station in Tongren from 2004 to 2018

表 1. 铜仁 2004~2018 年国家站降雪且积雪日数

区县	碧江	松桃	江口	玉屏	万山	沿河	德江	思南	印江	石阡
日数	18	27	24	20	77	7	9	9	13	10

3.1. 时间分布特征

2004~2018 年铜仁共发生降雪过程 27 次, 平均每年 1.8 次, 降雪发生在十二月至次年三月, 其中一月 13 次(占 48%), 二月 7 次(占 26%), 三月 4 次(占 15%), 十二月 3 次(占 11%)。

3.2. 空间分布特征

从铜仁降雪且积雪日数空间分布(图 1)来看, 在东南部的万山有一大值中心, 以中部的梵净山为界, 东部区县降雪且积雪日数均不低于 18 天, 西部区县除印江外均不超过 10 天, 呈现出东多西少、自东南向西北逐渐减少的分布特征。

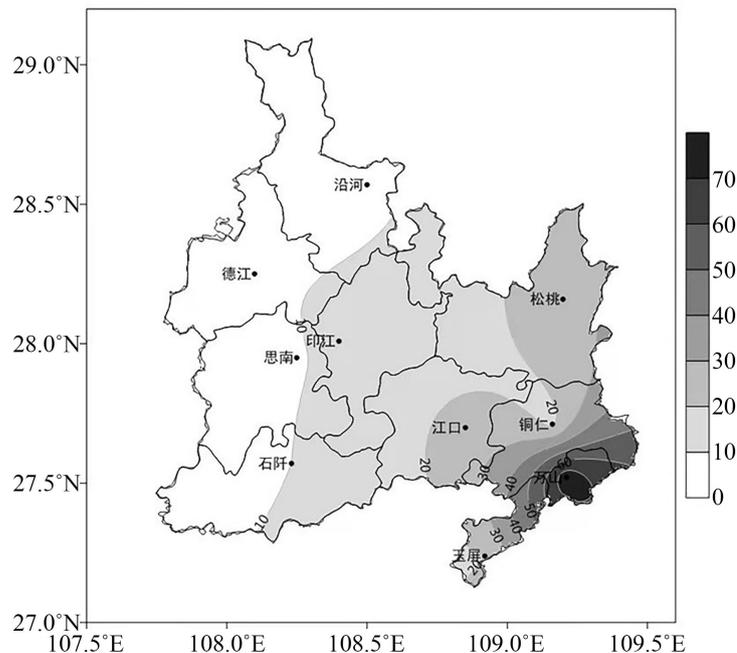


Figure 1. Spatial distribution of snowfall days at National Station in Tongren from 2004 to 2018

图 1. 铜仁 2004~2018 年国家站降雪且积雪日数空间分布

3.3. 强度分布特征

统计铜仁 2004~2018 年共 27 次降雪过程的量级, 发生小雪 14 次, 中雪 1 次, 大雪 8 次, 暴雪 4 次, 小雪占全部降雪过程的一半以上, 大雪占近三成, 暴雪占近一成半, 中雪最少。

4. 铜仁降雪天气环流形势

根据 500 hPa 中高纬度环流特征, 将降雪过程分为两槽一脊型和横槽转竖型两种。在 27 次降雪过程中, 两槽一脊型有 18 次(小雪 11 次、中雪 1 次、大雪 4 次、暴雪 2 次), 横槽转竖型有 9 次(小雪 3 次、大雪 4 次、暴雪 2), 两槽一脊型有 61% 的频率出现小雪, 横槽转竖型有 67% 的频率出现大雪或暴雪。可见横槽转竖型出现大雪和暴雪的概率明显大于两槽一脊型。

统计 27 次降雪过程各层影响铜仁的天气系统, 在 500 hPa 上, 均有高空槽影响, 铜仁受槽前西南气流或偏西气流影响, 为降雪提供了充足的动力条件和水汽条件; 700 hPa 上, 均出现了西南低空急流, 其中有 21 次过程有切变线影响, 低空急流和切变线为降雪提供了主要的水汽输送和动力抬升, 低空急流对降雪的发生有指示性意义; 850 hPa 上, 27 次过程中有 23 次受东北风影响, 其余受偏东风或偏北风影响, 8 次过程有切变线影响, 14 次过程有风速辐合, 850 hPa 到地面的冷空气主要起到冷垫了作用, 使得暖湿气流在冷垫上爬升, 来自南海或东海的气流贡献了少量的水汽, 切变线提供了一定的动力抬升。地面上, 27 次过程中有 25 次受东北路径冷空气影响, 仅有 2 次为偏北路径, 东北回流型冷空气降雪占铜仁降雪天气过程的绝大多数, 铜仁地面气压在 1027.5~1045 hPa 之间。

4.1. 两槽一脊型环流特征

500 hPa 上, 亚洲中高纬地区为两槽一脊的形势, 高压脊位于贝加尔湖以西, 西部槽位于乌拉尔山附近, 东亚大槽位于 140°E 以东地区; 南支槽十分深厚, 位于 95°E 附近, 铜仁处于南支槽前西南暖湿气流控制中, 南支槽为降雪提供了动力抬升, 强烈的西南暖湿气流为降雪提供了充足的水汽供应; 河套地区西北部有小槽发展并向东南移动, 引导小股冷空气从正北路径南下补充。

700 hPa 上, 绕高原的南北两支气流汇合于盆地东部的川渝地区, 形成南北风的切变, 为降雪提供动力抬升条件, 铜仁受西南急流控制, 风速达 $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上, 水汽输送强烈, 切变区有冷舌存在, 说明沿高原东侧有较强且深厚的冷空气南下, 上述系统铜仁降雪天气发生的关键。有无切变是预报铜仁降雪或者冻雨的主要指标条件之一, 在同等条件下, 700 hPa 有切变, 出现雨夹雪或降雪的可能性大, 没有切变, 出现冻雨或者小雨的可能性较大。

850 hPa 上, 东北气流与南海来的偏南暖湿气流交汇于湘北至黔东一线, 形成辐合切变, 为降雪提供了水汽和动力抬升条件, 冷舌也由东北路径进入贵州, 低层冷垫的形成, 为降雪的产生提供温度条件, 使降水相态稳定为雪。

地面上, 蒙古高压非常强大, 高压中心达到 1065 hPa, 在河套小槽的引导下, 冷空气从高原东侧偏北路径补充南下, 由东北方向进入铜仁, 锋面西段南压到云南与贵州交界处, 形成云贵静止锋。

4.2. 横槽转竖型环流特征

500 hPa 上, 乌拉尔山地区温度脊落后于高度脊, 脊得以发展加深, 或者东移到西西伯利亚地区, 其东侧到我国东北地区为发展的横槽, 当槽后冷平流发展较强时, 横槽转竖, 引导强冷空气从正北路径南下或者偏东路径补充影响。孟湾地区为深厚南支槽, 槽前强盛的西南气流为强降雪天气输送大量的水汽, 同时提供能量支持。

700 hPa 上, 铜仁主要受西南急流控制, 风速超过 $16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 水汽输送强烈, 切变位于湖北到重庆一线, 有利于动力抬升, 切变区有冷舌存在。

850 hPa 上, 与 500 hPa 横槽对应的位置为较强的冷中心, 且有冷舌向南伸出, 冷舌可伸到贵州境内, 冷空气的路径与冷舌伸展方向基本一致, 铜仁受东北气流影响, 切变位与两广一带。

地面上, 蒙古高压较为强大, 高压中心达到 1060 hPa, 随后在贝加尔湖东侧形成另一个高压中心,

在横槽转竖的过程中,冷空气经由华北地区南下,从东北路径进入铜仁,铜仁受 1037.5 hPa 等压线控制。

5. 铜仁降雪天气的动力、水汽、温度条件分析

5.1. 动力条件

当降雪天气发生时,从 850 到 500 hPa 均为上升运动。降雪最强时段,500、700、850 hPa 平均垂直速度值分别为 -14.2 、 -16.7 、 $-9.9 \text{ pa}\cdot\text{s}^{-1}$,上升运动在 700 hPa 最强,500 hPa 其次,850 hPa 最弱。发生小雪天气时,500、700、850 平均垂直速度值分别为 -11.6 、 -16.4 、 $-11.2 \text{ pa}\cdot\text{s}^{-1}$;发生中雪及以上量级降雪天气时,500、700、850 hPa 平均垂直速度值分别为 -17.0 、 -17.0 、 $-8.5 \text{ pa}\cdot\text{s}^{-1}$ 。小雪和中雪及以上量级的降雪相比,在 500 hPa 上垂直速度值的偏大 $5.4 \text{ pa}\cdot\text{s}^{-1}$,在 700 hPa 上偏大 $0.6 \text{ pa}\cdot\text{s}^{-1}$,而在 850 hPa 上偏小 $2.7 \text{ pa}\cdot\text{s}^{-1}$ 。综合分析得到,当垂直速度在 $500 \text{ hPa} \leq -11.0 \text{ pa}\cdot\text{s}^{-1}$, $700 \text{ hPa} \leq -11.0 \text{ pa}\cdot\text{s}^{-1}$, $850 \text{ hPa} \leq -5.0 \text{ pa}\cdot\text{s}^{-1}$,有利于出现降雪天气过程。当垂直上升运动伸展很高,在中高层出现较强的上升运动区,特别是在 500 hPa 垂直速度 $\leq -16 \text{ pa}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,有利于出现中雪及以上量级的降雪天气过程。

5.2. 水汽条件

降雪最强时段,500、700、850 hPa 平均比湿分别为 1.42、4.38、2.31 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,700 hPa 绝对水汽含量最高,850 hPa 其次,500 hPa 最低。发生小雪时,500、700、850 hPa 平均比湿分别为 1.31、4.37、2.18 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,发生中雪及以上量级降雪时,500、700、850 hPa 平均比湿分别为 1.62、4.39、2.44 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。小雪和中雪及以上量级的降雪对比发现,500 hPa 比湿偏小 $0.31 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,850 hPa 偏小 $0.26 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,可见更强的降雪需要更充足的水汽。

平均水汽通量在 500、700、850 hPa 分别为 5.07、8.85、3.37 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\text{hPa}^{-1}\text{s}^{-1}$,700 hPa 水汽输送最强,500 hPa 其次,850 hPa 最弱。小雪时,500、700、850 hPa 平均水汽通量分别为 4.71、8.71、3.79 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\text{hPa}^{-1}\text{s}^{-1}$;中雪及以上量级降雪时,500、700、850 hPa 平均水汽通量分别为 5.46、9.0、2.92 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\text{hPa}^{-1}\text{s}^{-1}$ 。小雪和中雪及以上量级降雪相比,500 hPa 偏低 $0.75 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\text{hPa}^{-1}\text{s}^{-1}$,700 hPa 偏低 $0.29 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\text{hPa}^{-1}\text{s}^{-1}$,但 850 hPa 偏高 $0.87 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\text{hPa}^{-1}\text{s}^{-1}$ 。中雪及以上量级降雪水汽输送在 500、700 hPa 比小雪强,在 850 hPa 比小雪弱。

平均水汽通量散度在 500、700、850 hPa 分别为 -2.04 、 -4.63 、 $-7.74 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\text{hPa}^{-1}\text{s}^{-1}$,850 hPa 水汽辐合最强,700 hPa 其次,500 hPa 最弱。发生小雪时,500、700、850 hPa 平均水汽通量散度分别为 -0.71 、 -4.36 、 $-7.21 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\text{hPa}^{-1}\text{s}^{-1}$,发生中雪及以上量级降雪时,500、700、850 hPa 平均水汽通量散度分别为 -3.46 、 -4.92 、 $-8.31 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\text{hPa}^{-1}\text{s}^{-1}$ 。可见中雪及以上量级降雪水汽辐合在 500、700、850 hPa 均比小雪更加强烈。

5.3. 温度条件

铜仁降雪探空图特征,表现为低层存在明显且深厚的锋面逆温层,逆温强度(逆温底与逆温顶的温度差)普遍为 $4\sim 9^\circ\text{C}$,最强为 11°C 。逆温层底通常在 900~800 hPa,温度在 $-10\sim -4^\circ\text{C}$ 之间;逆温层顶通常在 750~700 hPa,温度在 $-4\sim 1^\circ\text{C}$ 之间。湿层通常在地面到 500 hPa 之间,最高可达 400 hPa 左右。云顶温度在 -10°C 以下,最低可达 -25°C 左右。整层均为冷层,或者仅在 700 hPa 附近有非常浅薄的暖层。500 hPa 温度为 -10°C 以下,最低可达 18°C 左右,700 hPa 温度在 $-5\sim 1^\circ\text{C}$,850 hPa 温度在 $-10\sim -4^\circ\text{C}$,地面 2 米温度在 $-4\sim 2^\circ\text{C}$ 。地面气温低于 0°C 时,有利于降雪的堆积。

降雪最强时段,500 hPa、700 hPa、850 hPa、地面平均温度分别为 -14.81 、 -1.7 、 -6.81 、 0.07°C 。发生小雪时,500 hPa、700 hPa、850 hPa、地面平均温度分别为 -15.3 、 -1.57 、 -7.21 、 0.14°C ,发生中雪及

以上量级降雪时, 500 hPa、700 hPa、850 hPa、地面平均温度分别为 -14.31 、 -1.85 、 -6.38 、 0°C , 小雪和中雪及以上量级降雪相比, 500h Pa 偏低 0.99°C , 700 hPa 偏高 0.28°C , 850 hPa 偏低 0.83°C , 地面偏高 0.14°C 。中雪以上量级的降雪发生需要中低层有更低温度。

6. 小结

1) 铜仁平均每年发生降雪天气 1.8 次, 发生在十二月至次年三月, 降雪呈现出东多西少、自东南向西北逐渐减少的分布特征。

2) 铜仁降雪天气可分为两槽一脊型和横槽转竖型两种, 横槽转竖型出现大雪和暴雪的概率明显大于两槽一脊型。

3) 影响铜仁降雪的天气系统主要有 500 hPa 的南支槽, 700 hPa 的低空急流、切变线, 850 hPa 的东北风、切变线, 地面东北回流冷空气。

4) 降雪发生时, 850 到 500 hPa 整层为上升运动。当上升运动伸展很高, 在中高层出现较强的上升运动区, 特别是在 500 hPa 垂直速度 $\leq -16 \text{ pa}\cdot\text{s}^{-1}$ 时, 有利于出现中雪及以上量级的降雪天气过程。

5) 降雪水汽主要来源于孟加拉湾, 700 hPa 绝对水汽含量最高, 水汽输送最强, 850 hPa 水汽辐合最强。水汽辐合越强, 越有利于出现强降雪。

6) 降雪天气探空图表现为低层存在明显的锋面逆温层, 湿层通常发展至 500 hPa 附近, 以整层均为冷层居多。500 hPa、700 hPa、850 hPa、地面平均温度分别为 -14.81 、 -1.7 、 -6.81 、 0.07°C , 中雪以上量级的降雪发生需要中低层有更低温度。

基金项目

贵州省科技计划项目《基于气候变化的梵净山区域水资源响应事实研究》黔科合基础[2018] 1158。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 周文钰, 张东海. “2014.02”贵州强降雪天气过程物理量诊断分析[J]. 防灾科技学院学报, 2015, 17(1): 12-18.
- [3] 宋丹, 胡跃文, 刘丽萍. 贵州近 44a 降雪天气形势及物理量诊断分析[J]. 气象科学, 2008, 28(S1): 71-77.
- [4] 曾维. 贵州强降雪天气过程环流形势分析[J]. 贵州气象, 2012, 36(6): 29-31.
- [5] 罗喜平, 王兴菊, 汪超. 2015 年贵州首场降雪和冻雨天气对比分析[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2017, 39(1): 71-77.
- [6] 顾欣. 贵州省东南部强降雪天气预报及分布特点分析[C]//中国气象学会. 第 35 届中国气象学会年会 S1 灾害天气监测、分析与预报. 2018: 7.
- [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.
- [8] 王兴菊, 李启芬, 白慧, 等. 贵州省降雪分布特点及周期小波分析[J]. 湖北农业科学, 2020, 60(S1): 131-134, 139.
- [9] 杨琨, 薛建军. 使用加密降雪资料分析降雪量和积雪深度关系[J]. 应用气象学报, 2013, 24(3): 349-355.