

杨群,李习瑾,胡萍,等. 铜仁市暴雪天气的环流配置及物理量特征分析[J]. 中低纬山地气象,2023,47(5):1-7.

铜仁市暴雪天气的环流配置及物理量特征分析

杨 群,李习瑾,胡 萍,张李娟,徐大红

(贵州省铜仁市气象局,贵州 铜仁 554300)

摘 要:铜仁市暴雪发生的频次低,2005 年至今仅发生 5 次,因此准确的量级和落区预报难度较大。该文选取 2005—2021 年铜仁市出现的 5 场暴雪天气过程,就大尺度环流形势、高低空天气系统配置和物理量特征进行分析,找出暴雪环流形势以及物理量预报指标。结果显示:铜仁市暴雪发生时,500 hPa 中高纬为两槽一脊形势,我国东北地区—日本海低槽加深发展,中低纬孟加拉湾附近有南支低槽系统东移;海平面上贝加尔湖西部冷高中心强度为 1060 hPa,大于 1030 hPa 的等压线进入铜仁市。暴雪落区出现在 500 hPa 高空槽和南支槽前、700 hPa 西南急流左侧或低涡切变线南侧、850 hPa 东北急流或东北风前部的风速辐合区内。暴雪发生时,500 hPa 气温在 $-16 \sim -21$ °C 之间,700 hPa 在 $-2 \sim -4$ °C 之间,850 hPa 在 $-4 \sim -8$ °C 之间,地面气温为 $0.5 \sim -4$ °C,地面气温越低降雪持续时间越长。暴雪发生时大气中层 700 ~ 500 hPa 上升运动明显增强,这可作为降雪增大的预示指标;散度场总体表现为低空辐合、高空辐散的特征,当辐合层次伸展更高时,有利于暴雪天气的持续;水汽通量散度辐合主要在 850 hPa,平均值为 $-3.6 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$; 500 hPa 比湿值 $\geq 1.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 是暴雪发生的参考指标。

关键词:铜仁市;暴雪;环流;物理量

中图分类号:P426.63⁺4 **文献标识码:**A

The Analysis of Atmospheric Circulation and Physical Quantity Characteristics of Snowstorm in Tongren

YANG Qun, LI Xijin, HU Ping, ZHANG Lijuan, XU Dahong

(Tongren Meteorological Bureau of Guizhou Province, Tongren 554300, China)

Abstract: The frequency of snowstorms in Tongren City is low, with only five occurrences since 2005. Therefore, the accurate estimation of the magnitude and precipitation area is difficult. The paper analyzed five snowstorm weather processes that occurred in Tongren City from 2005 to 2021, focusing on large - scale circulation patterns, configurations of high and low altitude weather systems, and physical quantity characteristics, to identify the circulation patterns and physical quantity indicators for snowstorm forecasting. The results show that, during snowstorms in Tongren City, the 500 hPa level exhibited a two - trough - one - ridge pattern in the mid - high latitudes, with a deepening low trough in the northeastern region of China and the Sea of Japan. There was an eastward movement of the southern branch of the trough system near the Bay of Bengal in the mid - low latitudes. The intensity of the cold high center over the western part of Lake Baikal at sea level was 1060 hPa, with isobars exceeding 1030 hPa entering Tongren City. The snowfall area appeared in the wind convergence zone in the front of 500 hPa high altitude trough and the southern branch trough, on the western side of the 700 hPa southwest jet stream or the south side of the low vortex shear line, ahead of the 850 hPa northeast jet stream or the front of the northeast winds. When the blizzard occurs, the temperature at 500 hPa was $-16 \sim -21$ °C, at 700 hPa was

收稿日期:2022 - 02 - 22

第一作者简介:杨群(1983—),女,高工,主要从事天气预报技术研究,E-mail:315314378@qq.com。

资助项目:铜仁市科技局(铜市科研[2020]23 号):冬季凝冻天气对铜仁市交通影响分析研究。

between $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, at 850 hPa was between $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, and at the surface layer in $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ in blizzard day. The lower the surface temperature, the longer the duration of snowfall. During snowstorms, there was a significant increase in upward motion in the middle and upper levels of the atmosphere (700 ~ 500 hPa), which can serve as a precursor indicator of increased snowfall. The divergence field exhibited overall characteristics of low-level convergence and upper-level divergence. When the convergence level extended higher, it favored the persistence of snowstorm weather. Water vapor flux divergence was mainly observed at 850 hPa, with an average value of $-3.6 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$. A specific humidity value of $\geq 1.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ at 500 hPa was a reference indicator for snowstorm occurrence.

Key words: Tongren City; snowstorm; circulation; physical quantity

0 引言

暴雪是冬半年主要气象灾害之一,对交通、电力和通讯造成很大的影响,尤其对交通运输影响大。对于暴雪的研究,多年来有许多成果,如周淑玲等^[1]指出暴雪日水汽较非暴雪日充沛,垂直上升运动和 low 层散度辐合与强降雪相对应。张俊兰等^[2]也分析得出较好的水汽、动力条件是形成极端暴雪的重要成因,水汽在 700 hPa 以下辐合和聚集,形成中低层辐合、高层辐散的空间配置有利于上升运动的发展和维持,形成暴雪。黄晓璐等^[3]分析内蒙古一次暴雪天气过程,指出在低层东北急流形成的“冷垫”会迫使暖湿空气沿冷垫抬升,干冷空气向中低层暖湿气流下方入侵,与中高层的西南急流形成深厚的锋生区和锋面次级环流,二者的正反馈作用为暴雪提供增幅作用。暴雪区位于比湿、水汽通量和水汽通量散度辐合的大值区。刘红武等^[4]分析发现降雪加强时 700 hPa 有西南低空急流加强,湿层发展至 400 hPa 以上,高低空急流耦合及 700 hPa 低槽过境。朱蕾等^[5]也指出暴雪的发生需要整层大气较大的比湿和水汽通量散度输送以及强上升气流和强辐合。针对暴雪发生的指标也有学者进行总结,王健宫等^[6]分析得出,强降雪时段 850 hPa 水汽通量散度值 $> 4 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 等指标。徐双柱等^[7]归纳了湖北省大雪发生的温度条件,并采取物理参数指标建立大雪客观预报方法。张俊兰等^[8]得出 700 hPa 以下低层上升运动增强可作为乌鲁木齐强降雪出现的预示指标。周芳等^[9]分析得出江西暴雪发生过程中,500 hPa 相对湿度和温度可以作为精细化预报降雪量、积雪深度的指标。彭霞云等^[10]提出预报不能机械地依赖温度指标,而应全面分析降雪形成的物理机制,当降水量大时,融化吸热可以成为降温的主要机制,预报中应予以充分考虑。徐建国等^[11]系统地总结了内蒙古暴雪发生的影响系统和物理量特征,得出暴雪发生的环流背景和物理量指标。罗菊英等^[12]

分析雨雪转换天气过程,发现强降雪产生需要适宜的中层逆温。王喜等^[13]分析江苏降雪时指出,暴雪及大雪出现时中低层具有明显的逆温层,且随着降雪量级的增大,逆温强度和逆温层厚度明显增强、增厚。

以上结果为暴雪的预报和研究提供了较好思路,为预报员提供了很多借鉴。贵州冬季暴雪发生概率很小,因此对于暴雪的研究不多,王芬等^[14]、周文钰等^[15]对贵州发生的 2 次强降雪进行分析,冉仙果等^[16]、李习瑾等^[17]对铜仁发生的暴雪个例进行总结,得出一些可供预报的参考结论。但没有系统性地总结暴雪发生的环流背景和要素指标,不能准确地把握暴雪强度和落区。因此有必要针对近年来出现的暴雪过程进行总结分析,找到暴雪发生的环流背景和预报要素指标,为暴雪预报提供参考。本文针对铜仁 2004 年至今出现的 5 次暴雪过程的环流形势和物理量要素特征进行了统计分析,期望其结果有助于预报员建立完整的暴雪预报思路,提高暴雪的预报准确率。

1 资料与方法

选用 2005—2021 年 5 场暴雪天气过程,利用常规地面自动站监测资料统计分析降雪特征,气象日常业务使用的 MICAPS 实况数据和 NCEP/NCAR $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 再分析资料,采用统计及天气学方法分析降雪发生的环流背景和物理量特征。

2 5 次暴雪过程实况

表 1 为 2005—2021 年 5 场暴雪天气过程概况(当日 20 时—次日 20 时或当日 08 时—次日 08 时,北京时,下同)。从表中可见,最大降雪量为 2011 年 1 月 19 日万山镇站 18.8 mm、最大积雪深度为 29 cm;其次为 2021 年 12 月 26 日万山镇站最大降雪量为 27.8 mm、积雪深度为 17 cm。暴雪范围最广的为 2021 年 12 月 26 日,全市 10 个区县有 6 个站达到暴雪。降雪持续时间最长为 2011 年 1 月 18 日 20

时—20 日 08 时持续了 36 h 和 2018 年 12 月 29 日 08 时—31 日 08 时持续了 48 h。从 5 次暴雪过程出现频率来看,松桃县站出现 4 次,频率为 80%;江口县站出现 3 次,频率为 60%;碧江区、万山镇站出现 5 次,频率为 100%;沿河县、石阡县站出现 1 次,频

率为 20%;玉屏县站出现 2 次,频率为 40%,可见暴雪容易发生在铜仁市东部的松桃县、碧江区、江口县、万山镇等站点,西部发生频率低,除了沿河县、石阡县站出现过 1 次外,其余的德江县、思南县、印江县站均未出现暴雪。

表 1 铜仁市 5 次暴雪过程概况
Tab. 1 The overviews of five blizzard process in Tongren City

暴雪发生时段	24 h 最大积雪深度 cm(出现站点)	24 h 最大降雪量 mm(出现站点)	降雪持续时间	暴雪出现站点
过程 1:2005 年 1 月 10 日 08 时—11 日 08 时	15(松桃县)	22(万山镇)	10 日 08 时—11 日 08 时(24 h)	松桃县、江口县、碧江区、万山镇
过程 2:2009 年 1 月 6 日 08 时—7 日 08 时	16(万山镇)	16(万山镇)	6 日 08 时—7 日 08 时(24 h)	江口县、万山镇、碧江区、石阡县
过程 3:2011 年 1 月 18 日 20 时—19 日 20 时	29(万山镇)	18.8(万山镇)	18 日 20 时—20 日 08 时(36 h)	玉屏县、万山镇、碧江区、松桃县
过程 4:2018 年 12 月 29 日 20 时—30 日 20 时	14(碧江区、松桃县)	11.4(碧江区)	29 日 08 时—31 日 08 时(48 h)	碧江区、松桃县、万山镇
过程 5:2021 年 12 月 26 日 20 时—27 日 20 时	17(万山镇、江口县)	27.8(万山镇)	26 日 05 时—27 日 14 时(33 h)	碧江区、松桃县、江口县、玉屏县、万山镇、沿河县

3 影响系统

3.1 5 次暴雪过程影响系统

分析 2005—2021 年铜仁市 5 次暴雪过程的影响系统(表 2),发现 500 hPa 等压面上中高纬为两槽一脊,过程 1、过程 2、过程 4、过程 5 的槽分别位于乌拉尔山和日本海—我国东北地区之间,我国东北低涡槽底延伸至四川东部,脊位于贝加尔湖西南部;过程 3 的槽分别位于黑海和我国东北地区—贝加尔湖附近,我国东北地区低涡槽底延伸至四川东部,脊位于巴湖北部,槽脊相对前 4 次过程略偏西。中低纬 90 ~ 95°E 地区孟加拉湾南支槽深厚,500 hPa 等压面上 2005 年和 2009 年 568 hPa 等高线进入铜仁市;2011 年 564 hPa 等高线进入铜仁市;2018 年 570 hPa 等高线进入铜仁市;2021 年 574 hPa 等高线进入铜仁市。相比来看,2011 年 564 hPa 等高线进入铜仁市,500 hPa 上环流经向度大,利于引导北方冷空气南下,导致降雪强度较大。海平面气压场上,贝加尔湖西部有冷空气堆积,冷高压中心强度为 1060 hPa 左右,冷空气东移南下影响我国东部地区后经湖南向西回流影响铜仁市,定义为东北路径冷空气影响,大于 1030 hPa 的等压线进入铜仁市。总体表现为西南暖湿气流在冷垫上爬升形成暴雪。

分析统计铜仁市 5 次暴雪的环流影响系统(表 2、表 3)。700 hPa 上,过程 1~4 四川东部有低涡切变线南压影响铜仁市,广西—贵州为西南风急流,西南风速为 12 ~ 26 m · s⁻¹,最大为 2011 年达到 26

m · s⁻¹。由表 3 可知在怀化站西南风速增大或者四川东部切变线进入贵州北部时,铜仁市降雪站次增多,并形成暴雪。过程 5 四川东部低涡切变线没有南压影响铜仁市,但在 850 hPa 上形成了 12 ~ 14 m · s⁻¹的东北风急流,而前 4 次过程东北风仅 6 ~ 8 m · s⁻¹。过程 5 在东北风急流增大时,降雪站次增多,逐渐形成暴雪。

3.2 暴雪发生时的平均环流形势及天气学概念模型

分析 5 次暴雪发生时各层的平均环流形势,在 500 hPa 上(图 1a),中高纬为两槽一脊形势,槽位于乌拉尔山与日本海—我国东北地区,脊位于贝加尔湖西部。中低纬 90 ~ 95°E 孟加拉湾地区有南支槽形成,568 hPa 等高线进入铜仁市;700 hPa(图 1c)四川东部形成低涡切变线,云南—贵州有西南急流维持,平均最大风速为 14 m · s⁻¹;850 hPa(图 1d)为东北风影响铜仁市,切变线南压至贵州南部;海平面气压场上(图 1b)贝加尔湖西部冷空气南下后由东北路径影响铜仁市,冷高压中心 ≥ 1060 hPa, ≥ 1030 hPa 的等压线进入铜仁市。综上所述,铜仁市暴雪发生的环流配置(图 1e)为:高空 500 hPa 中高纬为两槽一脊形势,我国东北地区槽底延伸至四川东部,孟加拉湾南支槽东移至 95°E 以东;700 hPa 广西—贵州西南急流建立,四川东部切变线形成,未来南压影响铜仁市;850 hPa 为东北气流控制;海平面气压场上,贝加尔湖西部冷高压中心达 1060 hPa, 1030 hPa 线进入铜仁市。

表 2 铜仁市 5 次暴雪的环流影响系统
Tab.2 The circulation background and affectinginducing systems of five blizzard process in Tongren City

暴雪过程	500 hPa 影响系统/铜仁等高线值/hPa	700 hPa 影响系统	850 hPa 影响系统	地面高压中心位置/地面高压中心最大值/铜仁中心值/hPa	冷空气影响路径
过程 1	中高纬为两槽一脊,中低纬 90~95°E 深厚南支槽/568	广西—贵州西南急流 12~16 m·s ⁻¹ ,四川东部低涡切变线南压	东北风 6~8 m·s ⁻¹	贝加尔湖西部(50°N, 95°E)/1062.5/1032.5	东北
过程 2	中高纬为两槽一脊,中低纬 90°E 浅南支槽/568	广西—贵州西南急流 20 m·s ⁻¹ ,四川东部低涡切变线南压	东北风 6~8 m·s ⁻¹	贝加尔湖西部(51°N, 95°E)/1060/1032.5	东北
过程 3	中高纬为两槽一脊,中低纬 90~95°E 深厚南支槽/564	广西—贵州西南急流 26 m·s ⁻¹ ,四川东部低涡切变线南压	东北风 6~8 m·s ⁻¹	贝加尔湖西部(50°N, 95°E)/1060/1030	东北
过程 4	中高纬为两槽一脊,中低纬 95°E 深厚南支槽/570	广西—贵州西南急流 20~24 m·s ⁻¹ ,四川东部低涡切变线缓慢南压	东北风 6 m·s ⁻¹	贝加尔湖西部(50°N, 95°E)1060/1037.5	东北
过程 5	中高纬为两槽一脊,中低纬 95°E 深厚南支槽/574	广西—贵州西南急流 12~16 m·s ⁻¹ ,四川—重庆低涡切变线未南压	东北风急流 12~14 m·s ⁻¹	贝加尔湖南部(45°N, 105°E)1057.5/1037.5	东北

表 3 铜仁市 5 次暴雪过程的影响系统强度和位置与降雪站次
Tab.3 The affect system strength and location and snow standing time of five blizzard process in Tongren City

过程	时刻	700 hPa 怀化站 西南风速/(m·s ⁻¹)	700 hPa 低涡切变线位置	降雪站次	暴雪站次
过程 1	10 日 08 时	10	四川东部	4	0
	10 日 20 时	24	重庆中南部—贵州西北部	8	4
	11 日 08 时	18	贵州北部	2	0
	11 日 20 时	16	贵州北部	0	0
过程 2	5 日 20 时	16	重庆中东部	0	0
	6 日 08 时	20	四川东部—重庆北部	2	0
	6 日 20 时	16	贵州中北部	6	4
	7 日 08 时	14	贵州中北部	2	1
过程 3	18 日 20 时	20	重庆中北部	1	0
	19 日 08 时	26	四川东部	10	0
	19 日 20 时	26	四川东部—重庆中部	10	4
	20 日 08 时	22	贵州北部	1	0
过程 4	28 日 20 时	16	四川中北部	0	0
	29 日 08 时	20	四川东部	1	0
	29 日 20 时	20	重庆南部—贵州北部	10	3
	30 日 08 时	16	贵州省北部	9	3
850 hPa 东北风/(m·s ⁻¹)					
过程 5	25 日 20 时	10	8	8	0
	26 日 08 时	12	14	10	2
	26 日 20 时	14	10	10	6
	27 日 08 时	14	4	10	0

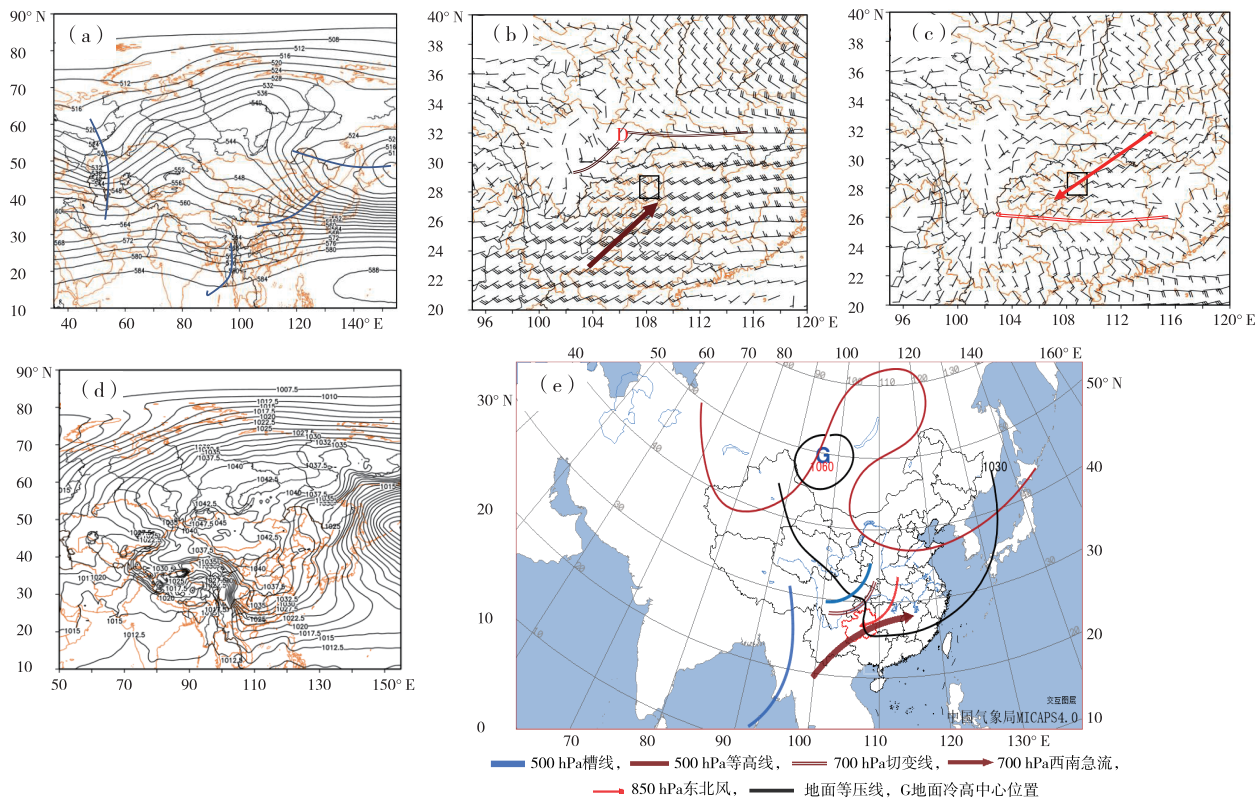


图1 铜仁市5次暴雪发生时(11日20时、6日20时、19日20时、29日20时、26日08时,下同)平均的500 hPa高度场(a)、700 hPa风场(b)、850 hPa风场(c)、地面气压场(d)及暴雪天气学概念模型(e),方框为铜仁市范围
Fig.1 The average of 500 hPa height field (a), 700 hPa wind field (b), 850 hPa wind field (c), the surface pressure field (d) and blizzard weather study conceptual model (e) of five blizzard occurs in Tongren City(at 20:00 on the 11th, 20:00 on the 6th, 20:00 on the 19th, 20:00 on the 29th, 08:00 on the 26th, the same below), and the box shows the scope of Tongren City

3.3 暴雪发生过程的温度场特征

从5次暴雪过程发生时平均的温度场垂直剖面图(图2)可以看出,暴雪发生时铜仁市平均气温总体呈现为低层950~850 hPa之间冷,最低为-8℃;中层800~650 hPa之间较冷,最低为-6℃;650 hPa以上逐渐降低,铜仁市上空整层低于0℃。从5次暴雪过程降雪前和降雪发生时的各层次温度变化来看(表4),发生前500 hPa温度为-15~

-19℃,700 hPa为-2~-4℃,850 hPa为-2~-7℃,地面气温为1~-2℃;暴雪发生时,500 hPa气温持续降低至-16~-21℃,700 hPa维持在-2~-4℃,850 hPa降低至-4~-8℃,地面气温为0.5~-4℃,可见暴雪发生时中高层气温有利于冰晶维持,地面气温持续降低,特别是过程3、4、5,地面气温相对更低,降雪时间持续更长(表1)。

表4 5次暴雪过程温度特征(单位:℃)

Tab.4 The temperature characteristics of five blizzard process(unit:℃)

暴雪过程	过程1		过程2		过程3		过程4		过程5	
层次(hPa)	发生前	发生时	发生前	发生时	发生前	发生时	发生前	发生时	发生前	发生时
500	-18	-16	-19	-21	-19	-18	-15	-16	-17	-18
700	-2	-2	-3	-4	-4	-4	-3	-3	-4	-2
850	-2	-4	-2	-4	-4	-5	-7	-8	-7	-6
地面	1	0.4	0.9	0.5	0.1	-0.6	-2	-4	-2	-2

4 物理量特征及预报指标

4.1 水汽通量散度和比湿场

沿暴雪区域109°E作水汽通量散度的垂直剖面图(图3a)可知,水汽通量散度辐合集中在中层850

~600 hPa之间,低层1000~850 hPa和高层600~400 hPa为辐散,即为低层、高层水汽辐散,中层水汽辐合,最强辐合层在850~700 hPa之间,强度中心值为 $-18 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。比湿场(图3b)特征表现为低层和高层比湿值小,中间层湿

度大,在 800 ~ 650 hPa 之间形成比湿大值中心,降雪区域最大比湿中心值为 $5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,与水汽辐合中心对应。

4.2 散度场

在暴雪发生时,5 次暴雪平均的垂直剖面散度场(图 4)总体表现跟水汽通量散度场表现一致,为近地层辐散、中层辐合、高层辐散的特征,辐合最强位于 800 ~ 700 hPa 之间中低层西南急流附近,辐散最强位于 450 ~ 300 hPa 之间。

4.3 垂直速度场

图 5 是 5 次暴雪过程发生时沿 109°E 平均的垂直速度场的垂直剖面图。从图中可以看到,暴雪过程发生时整层为上升运动。在降雪区有 2 个强的上升运动中心,分别位于 900 ~ 800 hPa 和 500 ~ 350 hPa,平均最强中心分别为 $-30 \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $-50 \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。分析 5 场暴雪过程的垂直速度在暴雪发生前和

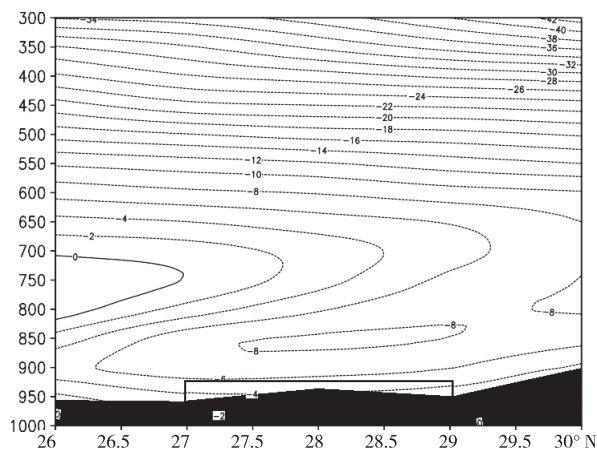


图 2 5 次暴雪过程发生时平均的温度垂直剖面(等值线,单位: $^\circ\text{C}$),阴影为地形,线框为降雪区域
Fig. 2 The average temperature vertical section of five blizzard vertical sections (contour, unit: $^\circ\text{C}$), the shadow shows the terrain, and the wire frames as snowfall area

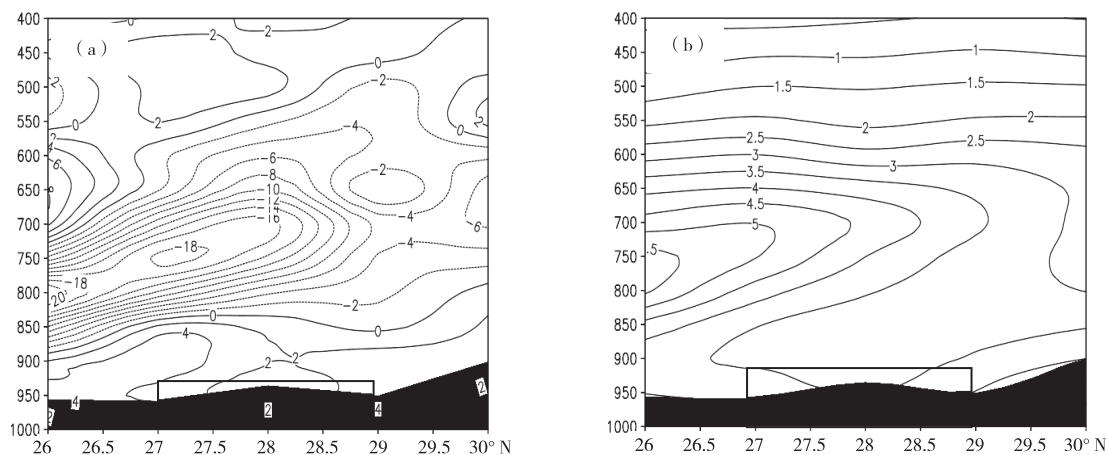


图 3 5 次暴雪过程发生时平均的水汽通量散度场(a,单位: $10^{-6} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

和比湿场(b,单位: $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)垂直分布,阴影为地形,线框为降雪区域

Fig. 3 The average water vapor flux divergence(a, unit: $10^{-6} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) and specific humidity(b, unit: $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) vertical section of five blizzard vertical sections, the shadows show the terrain, the wire frames as snowfall area

发生时值的变化(图略),发现暴雪发生时 700 hPa 和 500 hPa 层垂直上升速度值明显增强,700 hPa 上升运动增大值 $\geq 10 \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$,500 hPa 上升运动增大值 $\geq 12 \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$,这可以作为暴雪发生的参考指标。

5 结论

本文分析了铜仁市 5 场暴雪天气过程的环流形势和物理量特征,得出以下结论:

(1) 铜仁市的暴雪易发生在东部的松桃县、碧江区、江口县、万山镇等站,西部沿河县、石阡县发生暴雪频率相对低,而思南县、德江县、印江县在 2005—2021 年间均未出现暴雪。

(2) 暴雪高空表现为中高纬两槽一脊形势,配合中低纬南支低槽东移,地面贝加尔湖西部冷高中心强度为 1060 hPa,大于 1030 hPa 的等压线进入铜仁。暴雪落区出现在 500 hPa 槽前、700 hPa 西南急流前部或切变线南侧及 850 hPa 东北风速辐合区内,配合较强持续的上升运动,是产生暴雪天气的有利大尺度环流形势。当 700 hPa 西南急流风速越大,降雪强度越大。850 hPa 东北风速越大,暴雪范围越广。暴雪发生时,500 hPa 气温在 $-16 \sim -21 \text{ }^\circ\text{C}$,700 hPa 气温在 $-2 \sim -4 \text{ }^\circ\text{C}$ 之间,850 hPa 气温在 $-4 \sim -8 \text{ }^\circ\text{C}$ 之间,近地面层在 $0.5 \sim -4 \text{ }^\circ\text{C}$ 之间,地面气温越低降雪持续时间越长。

(3) 散度场表现为近地层辐散,中低空辐合、高

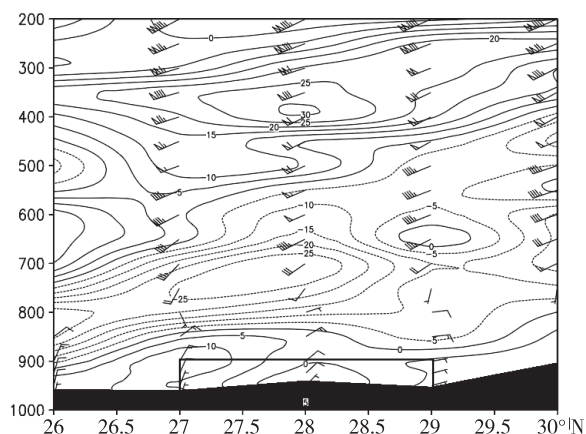


图4 5次暴雪过程发生时平均的散度场
(虚线为辐合,实线为辐散,单位: s^{-1})及风场(风向杆,
单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)垂直分布(阴影为地形,线框为降雪区域)

Fig. 4 The average divergence field (dotted lines for convergence, solid line for divergence, unit: s^{-1}) and wind field (wind-direction shaft, unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) vertical section of five blizzard vertical sections (the shadow shows the terrain, the wire frames as snowfall area)

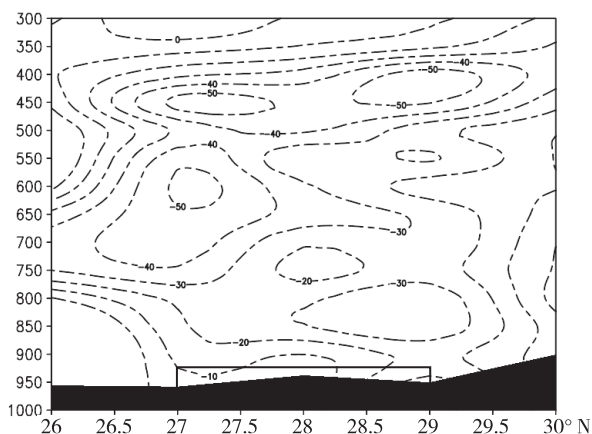


图5 5次暴雪过程发生时平均的垂直速度场(虚线为上升,单位: $\text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$)垂直分布,阴影为地形,线框为降雪区域
Fig. 5 The average vertical velocity vertical section of five blizzard vertical sections (dotted line is rising, unit: $\text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$), the shadows for of the terrain, the wire frames as snowfall area

空辐散的特征。辐合最强位于800~700 hPa之间的西南急流附近、辐散最强位于450~300 hPa之间,当辐合层次伸展更高时,更利于暴雪天气的持续;在垂直速度场上表现为整层的上升气流,最强上升区有2个强的上升运动中心,900~800 hPa和500~350 hPa之间,平均最强中心为低层 $-30 \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 、高层 $-50 \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$,特别是500 hPa和700 hPa上升运动出现明显增大时,可作为强降雪发生的指示。

(4)比湿场表现为,低层和高层比湿值小,中间层比湿大,在800~650 hPa之间形成比湿大值中心,最大比湿中心值为 $5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,暴雪发生时500 hPa比湿为 $1.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右,700 hPa为 $4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右,850 hPa为 $3.5 \sim 4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。500 hPa比湿值 $\geq 1.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 可作为暴雪发生的参考指标。水汽通量散度场表现为,水汽辐合集中在中层850~600 hPa之间,低层1000~850 hPa和高层600~400 hPa为辐散,最强辐合层在850~700 hPa之间,强度中心值为 $-18 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,850 hPa平均值为 $-3.6 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

参考文献

- [1] 周淑玲,丛美环,吴增茂,等. 2005年12月3—21日山东半岛持续性暴雪特征及维持机制[J]. 应用气象学报,2008,19(4):444-453.
- [2] 张俊兰,万瑜,闵月. 乌鲁木齐“2015.12.11”极端暴雪天气的综合分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2017,11(1):1-10.
- [3] 黄晓璐,林弘杰,李一平,等. 2020年初内蒙古一次暴雪天气过程的成因分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2021,15(6):18-25.
- [4] 刘红武,李振,唐林,等. 2018年12月湖南北端低温暴雪环流特征及成因分析[J]. 暴雨灾害,2020,39(5):487-495.
- [5] 朱蕾,王清平,王勇,等. 乌鲁木齐两次极端暴雪天气过程对比分析[J]. 暴雨灾害,2020,39(3):225-233.
- [6] 王健宫,恒瑞,贾健,等. 乌鲁木齐“12·27”高影响大暴雪天气综合分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2020,14(3):36-42.
- [7] 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.
- [8] 张俊兰,施俊杰,李伟,等. 乌鲁木齐暴雪天气的环流配置及中尺度系统特征[J]. 沙漠与绿洲气象,2021,15(1):1-8.
- [9] 周芳,王晓东,毛连海. 一次高空急流背景下江西暴雪过程分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2021,15(1):36-45.
- [10] 彭霞云,刘汉华,李文娟,等. 一次局地暴雪过程低层降温机制分析[J]. 气象,2020,46(8):1015-1025.
- [11] 徐建国,赵立清,姜凤友,等. 内蒙古东南部大到暴雪过程影响系统及物理量场特征分析[J]. 气象科技,2018,46(5):919-931.
- [12] 罗菊英,谭艳立,虞列辉. 鄂西南山区一次罕见的秋季暴雨转暴雪天气成因分析[J]. 中低纬山地气象,2021,45(6):9-16.
- [13] 王喜,张玲,郑炜,等. 江苏3次不同量级降雪过程的对比分析[J]. 中低纬山地气象,2021,45(3):9-17.
- [14] 王芬,唐浩鹏,杨帆,等. 2020年1月24—25日贵州冰雹、雨雪共存天气机理分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2021,15(4):17-25.
- [15] 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.
- [16] 冉仙果,胡萍,杨群. 贵州铜仁一次罕见暴雪过程分析[J]. 中低纬山地气象,2020,44(6):1-8.
- [17] 李习瑾,钟有萍,胡萍,等. 2018年12月铜仁一次罕见暴雪天气过程成因分析[J]. 气象研究与应用,2019,40(3):22-25.