

东北冷涡影响下锦州地区特大暴雪灾害天气成因分析

张翠艳¹, 赵凝², 李善淑^{3*}

¹锦州市气象局气象台, 辽宁 锦州

²贵州财经大学公共管理学院, 贵州 贵阳

³延吉市气象局气象台, 吉林 延吉

收稿日期: 2025年4月25日; 录用日期: 2025年5月23日; 发布日期: 2025年5月30日

摘要

应用常规气象观测资料、多普勒雷达资料、EC再分析资料, 对2021年11月7~9日锦州地区出现的极端降雪过程成因分析, 结果表明: 此次降雪为锦州地区有气象记录以来最强降雪。主要受500 hpa东北冷涡强烈发展诱发低层低涡及地面气旋发展北上、700 hpa低空偏南急流、切变线、能量锋发展、维持以及850 hpa以下冷垫形势背景下的降雪。强降雪分二个阶段, 7日03时至8日03时, 为锋区持续强降雪, 8日4时至9日5时为气旋本身弱降雪。降雪过程地面温度先降后升, 由冷空气从低层楔入后被南来暖湿气团取代所致。925 hpa以下存在冷垫, 925~870 hpa存在明显逆温层, 870 hpa以上为冷层, 这种冷-暖-冷结构, 提供的动力、热力、水汽条件, 引发锦州地区出现罕见“雷打雪”现象。

关键词

锦州地区, 东北冷涡, 极端性降雪, 成因分析

Analysis of the Causes of Extreme Snowstorm Disaster Weather in Jinzhou Region under the Influence of the Northeast Cold Vortex

Cuiyan Zhang¹, Ning Zhao², Shanshu Li^{3*}

¹Meteorological Observatory of Jinzhou Meteorological Bureau, Jinzhou Liaoning

²College of Public Administration, Guizhou University of Finance and Economics, Guiyang Guizhou

³Meteorological Observatory of Yanji Meteorological Bureau, Yanji Jilin

Received: Apr. 25th, 2025; accepted: May 23rd, 2025; published: May 30th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 张翠艳, 赵凝, 李善淑. 东北冷涡影响下锦州地区特大暴雪灾害天气成因分析[J]. 气候变化研究快报, 2025, 14(3): 560-569. DOI: 10.12677/ccrl.2025.143056

Abstract

Using conventional meteorological observation data, Doppler radar data, and ECMWF reanalysis data, this study analyzes the causes of the extreme snowfall event in Jinzhou from November 7 to 9, 2021. The results indicate that this snowfall was the most severe on record in Jinzhou. It was primarily driven by the intense development of a 500 hPa Northeast Cold Vortex, which induced the northward movement of a low-level vortex and surface cyclone. Additionally, factors such as the 700 hPa low-level southerly jet, shear line, energy front development and maintenance, and a cold cushion below 850 hPa contributed to the snowfall. The heavy snowfall occurred in two stages: the first (03:00 on the 7th to 03:00 on the 8th) was sustained heavy snowfall in the frontal zone, while the second (04:00 on the 8th to 05:00 on the 9th) featured weak snowfall from the cyclone itself. Surface temperatures initially dropped and then rose due to the replacement of cold air wedging into lower layers by warm, moist southerly air masses. A cold cushion existed below 925 hPa, with a distinct inversion layer between 925 hPa and 870 hPa, and a cold layer above 870 hPa. This “cold-warm-cold” vertical structure provided dynamic, thermal, and moisture conditions, leading to the rare “thundersnow” phenomenon in Jinzhou.

Keywords

Jinzhou Region, Northeast Cold Vortex, Extreme Snowfall, Cause Analysis

Copyright © 2025 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

强降雪(≥ 5 mm)是北方地区冬季常见的一种灾害性天气,随着社会经济、城市交通、设施农业及智慧城市建设的不断发展,强降雪带来的危害越来越受到各行各业的高度重视,对气象部门强降雪天气预报、预警、服务的精准化水平要求也越来越高。

一些气象学者从不同的角度对强降雪天气发生、发展机理及预报着眼点进行研究。李桢亭,万瑜等利用统计学方法对 1961~2019 年乌鲁木齐暴雪环流分型及其成因进行了分析[1];马淑萍,冉令坤等利用数值模拟对复杂地形强降雪过程中垂直运动诊断进行分析[2];在此基础上,随着雷达技术的发展,一些气象学者应用雷达产品特征对降雪量及落区进行分析[3][4];更多学者对暴雪研究多集中在个例分析方面[5]-[12];但由于所处地域不同,因此产生强降雪的机理也会有所不同。统计表明锦州地区冬季平均出现强降雪次数为 2.5 次,并有逐年增加、增强趋势。锦州地区对这方面的研究还很少,因此深入研究强降雪天气发生发展机理,对提高锦州地区强降雪天气精准预报、预警、服务水平及防灾减灾具有重要意义。

2. 2021 年 11 月 7~9 日锦州地区强降雪实况及灾害情况

2.1. 强降雪实况

2021 年 11 月 7~9 日锦州地区普降特大暴雪,全区平均累积雪量为 50.0 mm,平均雪深为 32.3 cm,是锦州地区有气象记录以来最强降雪。此次强降雪过程具有累积雪量大、积雪深及持续时间长等特点。最大累积雪量出现在黑山县为 60.3 mm,累计雪深达 35 cm,其他地区累积雪量在 37.8~54.3 mm、雪深在 28.1~36.0 cm 之间。最大累积雪量、最大小时雪强及最长降雪时间均出现在黑山县见图 1,黑山县平均小

时雪强为 1.9 mm/h，最大小时雪强为 3.4 mm/h，持续时间长达 46 小时。

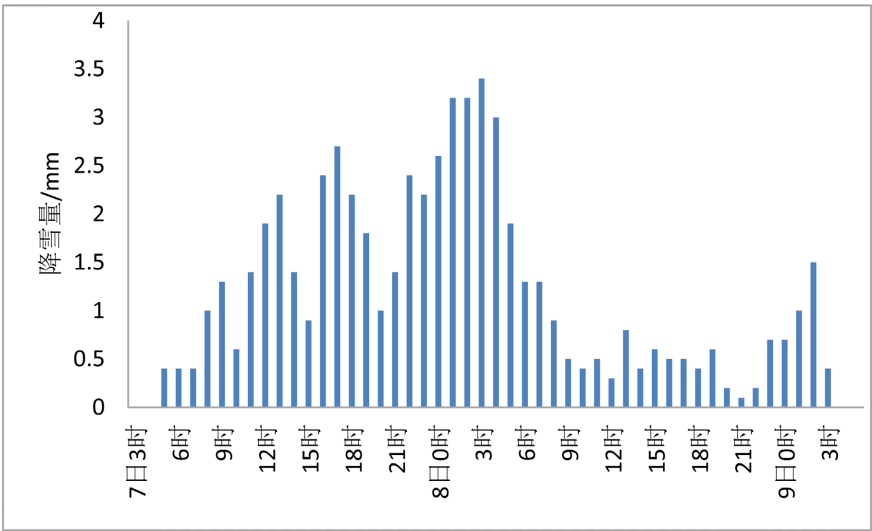


Figure 1. Hourly snowfall evolution in Heishan County during November 7~9, 2021
图 1. 2021 年 11 月 7~9 日黑山县逐时降雪量演变

2.2. 灾害情况

强降雪造成锦州市 9 个县(市、区)99 个乡镇(街道)受灾，受灾人口 30,476 人；农作物受灾面积 2007.59 公顷，绝收面积 35.78 公顷；水产养殖受灾面积 6.2 公顷；死亡大牲畜 28 头；受损农业大棚 15,064 栋(座)、畜牧养殖圈(棚、舍) 721,219 平方米；严重损坏房屋 2 户 4 间，一般损坏房屋 10 户 12 间；受损工业企业数量 168 个，受损商贸网点数量 72 个，受损学校数量 6 个；阻断公路长度 136 千米，受损通信线路长度 4 千米，受损通信基站数量 10 个，受损市政供排水管网长度 0.5 千米；直接经济损失近 10 亿元。

3. 结果分析

3.1. 降雪分 2 个阶段

锦州地区此次连续性强降雪过程分为两个阶段。第一阶段 7 日 3 时至 8 日 3 时锋区降雪，降雪强度较大。第二阶段 8 日 4 时至 9 日 5 时气旋本身降雪，降雪强度弱。由图 2 锦州地区 5 个国家观测站小时降雪量累积变化情况可知，逐时累积雪量 ≥ 5 mm 时段主要集中在 7 日 10 时至 8 日 3 时，属于锋区降雪较为剧烈，8 日 4 时后受气旋本身影响降雪逐渐减小。

3.2. 环境场演变

降雪强度大且持续时间长，需要大尺度背景场提供稳定的环流形势。此次锦州地区强降雪主要受 500 hpa 东北冷涡强烈发展诱发低层低涡及地面气旋发展北上，700 hpa 低空偏南急流和切变线、以及 850 hpa 以下冷空气楔入形成冷垫形势背景下的降雪。

500 hpa，6 日 20 时(图略)中高纬度地区为两脊一槽形势，在河套西北部有一高空槽，其后有 -32°C 低温中心，高空槽东、西部各有一高压脊，至 7 日 08 时图 3(a)高空槽加强成涡移至河套地区，涡前西南气流覆盖华北和东北地区，东部高压脊有所加强，至 8 日 08 时，高空冷涡持续加强，冷涡中心先后移至河北和辽西地区，涡前西南气流持续覆盖东北地区但强度有所减弱，至 8 日 20 时辽西地区转为冷涡后偏北气流控制。在冷涡东移发展过程中，500 hpa 槽前西南气流发展、维持诱发低层低涡发展并北上，有利于

锦州地区出现强降雪。

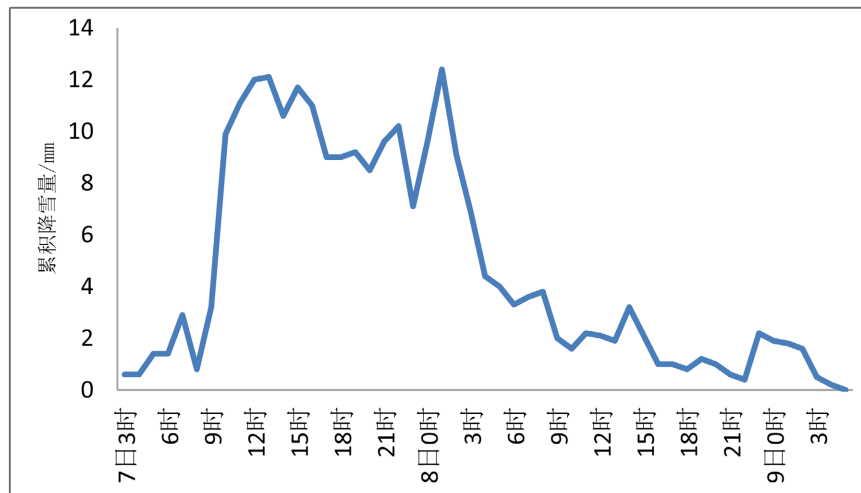


Figure 2. Hourly accumulated snowfall variation at five national meteorological stations in Jinzhou region during November 7~9, 2021

图 2. 2021 年 11 月 7~9 日锦州地区 5 个国家站逐时累积降雪量变化

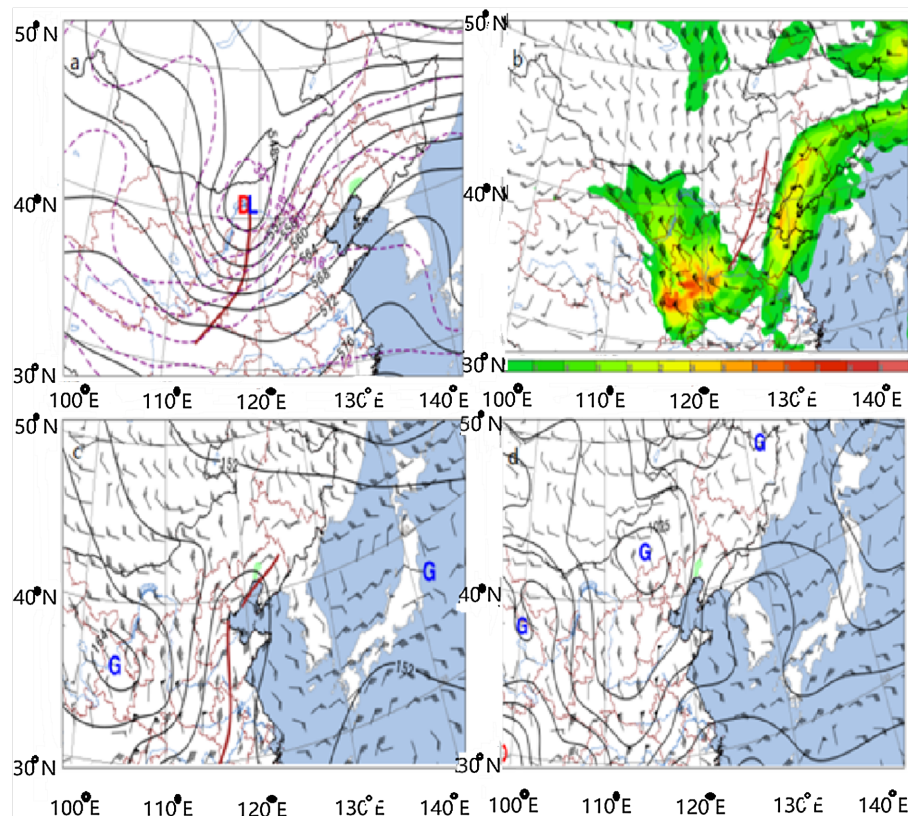


Figure 3. Circulation patterns at 500 hPa (a), 700 hPa (b), 850 hPa (c), and sea-level pressure field (d) at 08:00 BST on November 7, 2021 (Note: Black solid lines represent geopotential height contours; light green shaded areas indicate blizzard zones; pink dashed lines denote isotherms)

图 3. 2021 年 11 月 7 日 08 时 500 hPa (a)、700 hPa (b)、850 hPa (c) 和海平面气压场 (d) 环流形势 (注: 黑色实线为等高线、浅绿色阴影区为暴雪区、粉色虚线为等温线)

700 hpa, 7 日 02 时槽前低空西南急流已经建立, 至 7 日 08 时图 3(b)槽前西南急流已覆盖东北地区, 锦州地区处于 $\geq 24 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 低空急流轴上, 直至 7 日 20 时低空急流分为西南急流和东南急流两支, 锦州西部地区为西南急流(最大 $18 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)覆盖, 水汽来源于渤海, 锦州东部地区为东南急流覆盖(最大 $18 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), 水汽来源于东海 - 黄海 - 渤海, 两支急流为锦州地区强降雪提供充足水汽。8 日 08 时后 700 hpa 转为西北气流后, 降雪减小直至停止。

850 hpa, 6 日 20 时(图略)锦州地区位于倒槽顶端东北气流内, 至 7 日 08 时图 3(c)倒槽北上并有所加强, 倒槽顶部东南风和东北风辐合区位于辽宁中部地区, 而后随着倒槽北上辐合区长时间维持在锦州地区直至 7 日 20 时, 此阶段为锦州地区最强降雪阶段, 而后辐合区东移至辽宁中部地区, 锦州地区逐渐转为西北气流控制, 降雪逐渐减小。

地面气压场, 7 日 02 时西部强大冷高压不断东移南压, 至 7 日 08 时图 3(d), 冷高压从低层楔入锦州地区形成冷垫, 直至 20 时, 中层暖湿气流在冷垫上爬升, 形成对流不稳定, 利于强降雪的发生, 7 日 20 时后锦州地区被南来气旋占据, 对流逐渐减弱, 气旋本身降雪逐渐减小直至停止。

3.3. 水汽条件分析

3.3.1. 水汽通量散度和水汽通量特征分析

水汽充足是产生降水的必要条件。水汽通量散度一定程度上反映了大气中水汽的含量与聚集程度。水汽通量辐合强度与降雪强度有一定的联系, 辐合加强, 水汽充足, 降雪强度增大[8]。由图 4 可知, 6 日 20 时图 4(a)东南暖湿气流将水汽从海面输送至华北地区, 叠加高空槽前西南暖湿气流, 水汽通量散度中心值 $-20 \times 10^{-5} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 位于河北、山西一带, 与之对应水汽通量图 4(e)中心 $6 \times 10^{-3} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, 表明大量水汽汇聚, 并随着低涡东移北上, 不断的向辽宁中西部地区输送, 至 7 日 08 时图 4(b)、图 4(f)水汽辐合中心已伸至葫芦岛地区, 而后逐渐向锦州地区移动, 至 7 日 20 时图 4(c), 图 4(g)至锦州北部地区, 此阶段是锦州地区主要降雪阶段, 至 8 日 08 时图 4(d), 图 4(h)水汽辐合中心已移到吉林地区, 但锦州地区仍处于水汽辐合区, 只是水汽流失明显因此降雪强度逐渐减弱。

3.3.2. 比湿、大气可降水量及相对湿度

降雪主要时段 7 日 03 时至 8 日 03 时锦州地区 850 hpa 比湿均维持在 $2\sim 4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (图略), 符合锦州地区产生暴雪时 850 hpa 比湿 $\geq 2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 指标。从大气可降水量来看(图略), 在降雪主要时段, 大气可降水量维持在 $15\sim 20 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, 其他时段在 $5\sim 15 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 之间。锦州上空从低层到高层相对湿度均在 90% 以上, 为暴雪的产生提供充足水汽条件, 8 日 4 时后低层水汽逐渐消耗, 高层水汽一直维持, 降雪强度逐渐减弱。

3.4. 动力、热力条件分析

3.4.1. 能量锋

广义能量锋是指在 θ_{se} 形势图上, θ_{se} 等值线特别密集的地带。能量锋的强弱与降水强度有较好的正相关关系[13]。7 日 3 时降雪开始时 700 hpa 能量锋(图略)已延伸至辽宁中西部地区, 高能舌位于河北东部地区, 锦州地区被西南急流覆盖, 至 7 日 08 时图 5(a)能量锋北上覆盖整个辽宁地区, 锦州地区能量锋增强, 与西南暖湿气流汇合形成强劲上升气流, 一直持续至 14 时图 5(b), 20 时图 5(c)能量锋移至辽宁东部地区, 对锦州地区影响逐渐减弱, 至 8 日 02 时图 5(d), 能量锋对锦州地区影响结束。能量锋长时间在锦州地区维持, 利于暖湿气流向锦州地区输送水汽、不稳定能量和动量, 高能舌西侧的低能舌对应南下的冷空气, 形成抬升暖湿气流的冷空气垫, 促进对流的发展, 有利于锦州地区强降雪的产生。

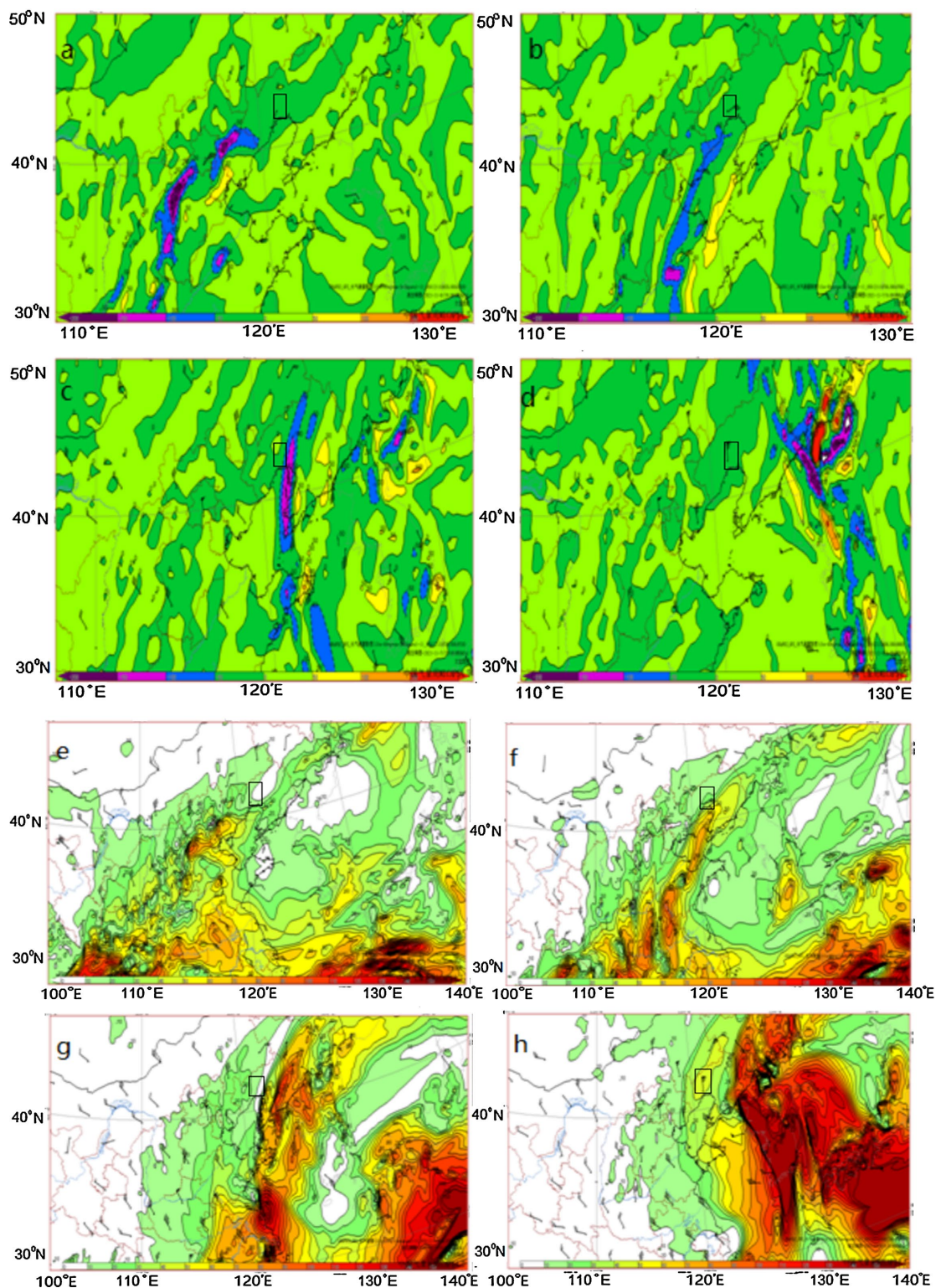


Figure 4. Distributions of 850 hPa moisture flux divergence (Unit: $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$) and moisture flux (Unit: $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$) Superimposed with wind fields at 20:00 BST on November 6 (a) (e), 08:00 BST on November 7 (b) (f), 20:00 BST on November 7 (c) (g), and 08:00 BST on November 8 (d) (h), 2021 (Note: Black rectangles indicate blizzard zones)

图 4. 2021 年 11 月 6 日 20 时(a) (e)、7 日 08 时(b) (f)、7 日 20 时(c) (g)、8 日 08 时(d) (h) 850 hpa 水汽通量散度(单位: $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)和水汽通量(单位: $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)分布与风场叠加(注: 黑色方框内为暴雪区)

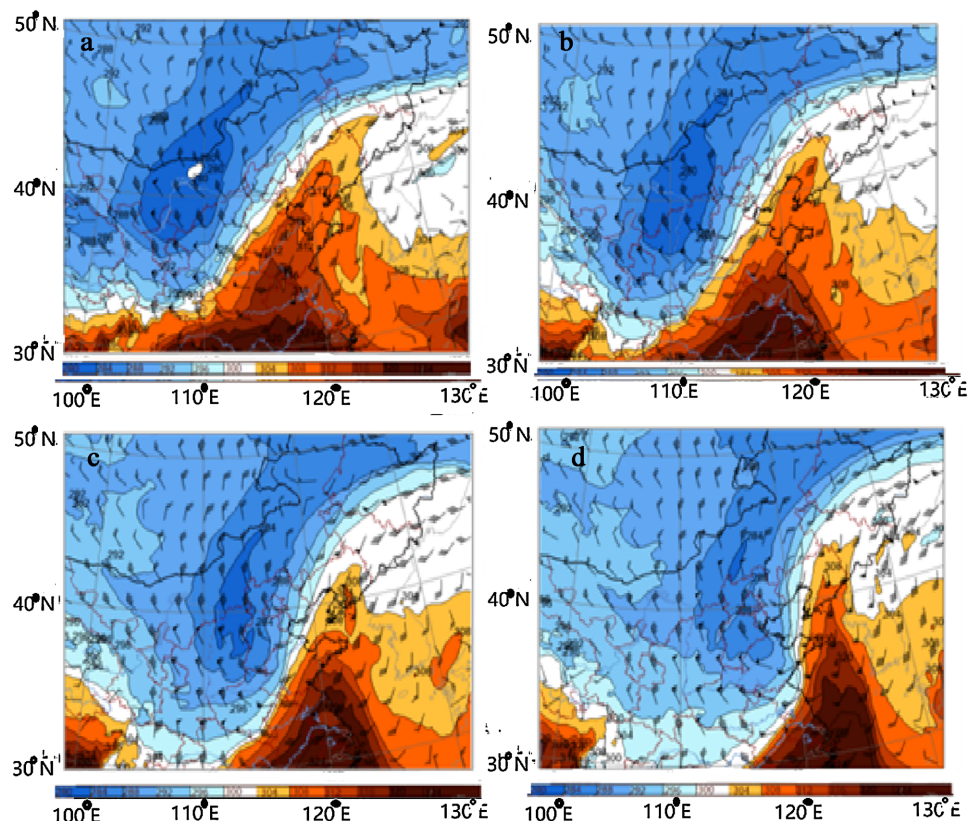


Figure 5. Distributions of 700 hPa pseudo-equivalent potential temperature superimposed with wind fields at 08:00 BST (a), 14:00 BST (b), 20:00 BST (c) on November 7, and 02:00 BST (d) on November 8, 2021

图 5. 2021 年 11 月 7 日 08 时(a)、14 时(b)、20 时(c)至 8 日 02 时(d) 700 hPa 假相当位温及风场叠加

3.4.2. 垂直速度

由图 6, 6 日 20 时至 10 日 08 时锦州站风场、温度场、相对湿度、垂直速度剖面图可知, 7 日 03 时至 8 日 05 时, 从地面到 850 hPa 风向由北风转为偏东风, 风向随高度逆转有冷平流, 说明地面冷高压自西向东楔入底层形成冷垫, 700 hPa 以上为西南风有暖平流, 暖湿空气在冷垫上爬升, 在降雪开始就出现上升运动, 随着降雪加强, 上升运动也不断加强, 且上升运动伸展高度由 850 hPa 伸展 400 hPa, 而且数值较大, 在 700 hPa 达到最强, 垂直上升速度中心值为 $-1.5 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$, 这种强的上升运动一直维持到 8 日 05 时, 而后减弱, 这是水汽和热输送的重要因素。8 日 06 时开始, 高层冷空气入侵, 整层风向转为偏北风, 垂直上升运动虽然存在但中心值迅速减小为 $-0.5 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$, 降雪强度也随之减弱, 进入第二阶段弱降雪阶段直至降雪结束。

3.4.3. 探空曲线

由锦州站探空曲线可知(图略), 7 日 08 时 700 hPa 以上为强劲的西南风, 850 hPa 以下为强劲偏北风且风向随高度逆转有冷平流, 在 925~850 hPa 之间存在逆温层, 700~500 hPa 风向随高度顺转有暖平流, 在冷垫上面存在着对流不稳定。至 20 时对流层中高层西南风进一步加强, 出现 $\geq 26 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 风速, 对流不稳定层 700 hPa 向下加深, 西南暖湿气流向锦州地区输送, 进而对流层中低层也出现了不稳定形势, 为锦州地区强降雪的产生提供不稳定能量, 至 8 日 08 时 500 hPa 以下均为冷平流控制, 对流不稳定逐渐消失, 降雪逐渐减弱。至 8 日 20 时由于地面气旋北上占据锦州地区, 400 hPa 以下湿度较好, 但因没有对流, 气旋本身降雪较弱, 至 9 日 05 时降雪停止。

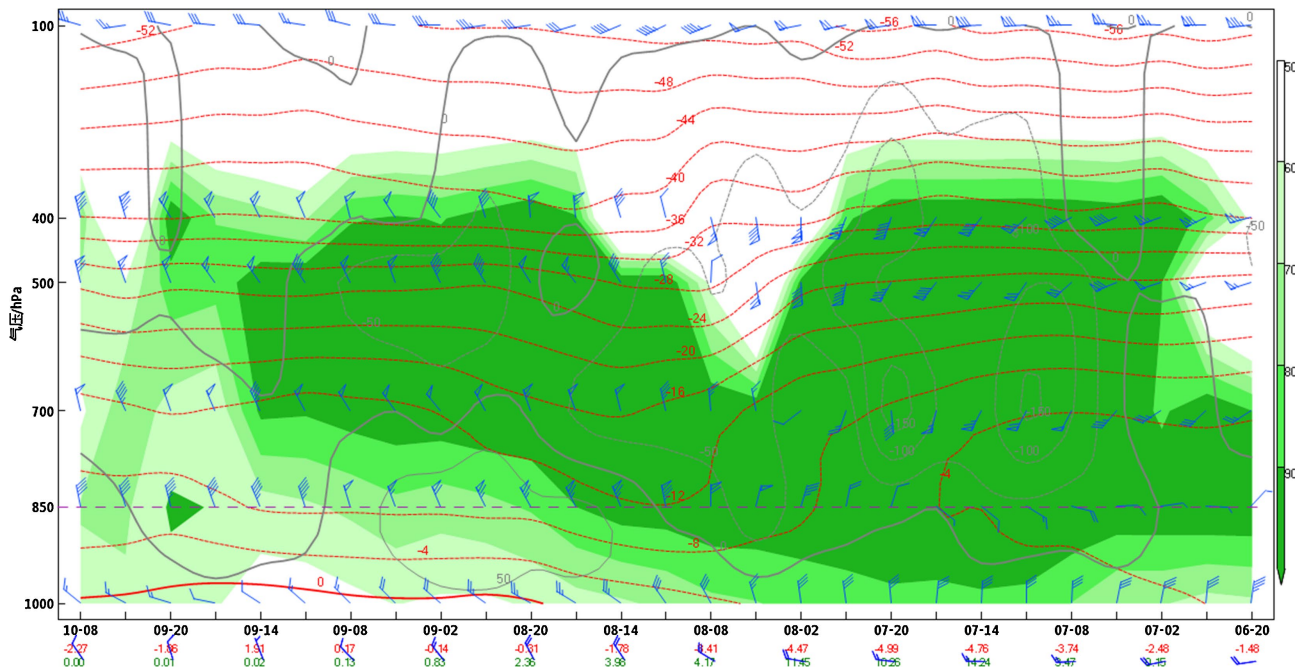


Figure 6. Cross-sectional profiles of wind field, temperature field, relative humidity, and vertical velocity at Jinzhou Station from 20:00 BST on November 6 to 08:00 BST on November 10, 2021 (Note: Red dashed lines represent temperature; green shaded areas denote relative humidity; gray solid lines indicate vertical velocity)

图 6. 2021 年 11 月 6 日 20 时至 10 日 08 时锦州站风场、温度场、相对湿度、垂直速度剖面图(注: 红色虚线为温度、绿色阴影区为相对湿度、灰色实线为垂直速度)

3.5. 降雪过程中地面气温先降后升原因分析

由图 7 可知, 7 日 3 时开始下雪至 19 时, 锦州站地面气温由 -4°C 持续下降至 -6°C , 下降幅度为 2°C , 20 时之后气温开始持续上升, 至 9 日 3 时升至 1.5°C , 升高幅度近 8°C , 究其原因, 降雪开始前西边冷空气沿冷高压前部从底层楔入锦州地区, 致使锦州地区气温持续下降, 降雪开始时, 锦州上空由低层到高层呈现冷-暖-冷的结构, 但低层气温已降至 -4°C , 所以并未造成降水相态复杂情况, 直接降纯雪。7 日

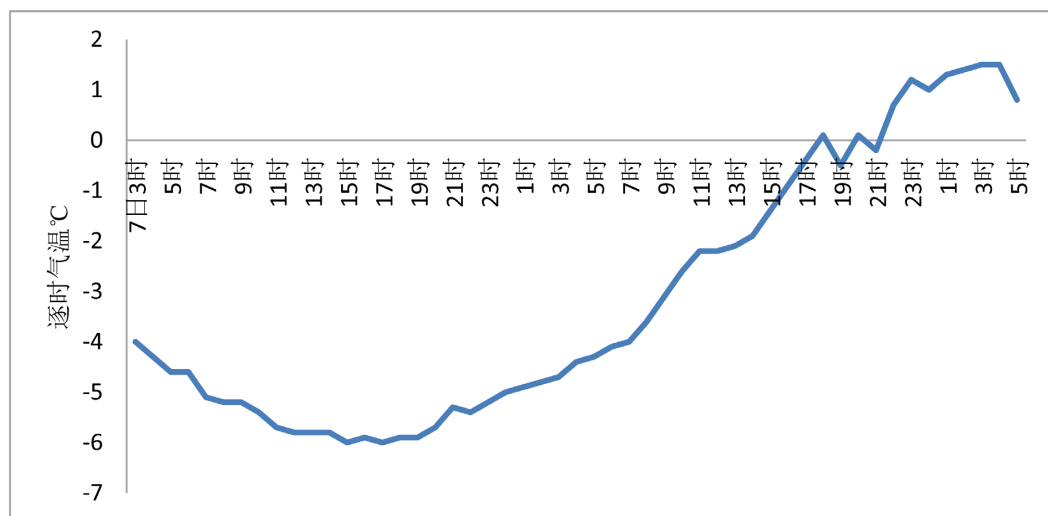


Figure 7. Hourly temperature variation chart at Jinzhou Station from 03:00 on November 7 to 03:00 on November 9, 2021

图 7. 2021 年 11 月 7 日 03 时至 9 日 03 时锦州站逐时气温变化图

20 时之后,随着高空冷涡东移发展,诱发地面气旋发展北上,锦州地区逐渐被南来地面气旋占据,气旋本身携带暖湿气流,温度相对较高,致使锦州地区气温不断升高,直至降雪停止后又开始下降。

3.6. 降雪过程中出现罕见“雷打雪”现象原因分析

雷暴的触发多数情况下发生在地面附近,主要由边界层辐合线和地形抬升等机制触发,也有相当比例的雷暴不来自地面附近的,而是在大气边界层之上 2 km 以上被触发称为高架雷暴或高架对流[14]。7 日 23:30 分,锦州站出现雷打雪现象,从锦州站 23 时探空图上看(图略),低层存在明显冷空气,925~870 hpa 为明显的逆温层,870 hpa 以上风向随高度顺转有暖平流,强盛的西南气流沿低层冷垫向上输送暖湿能量,提供热力、动力和水汽条件,且 870~500 hpa 温差为 14℃,上冷下暖结构造成对流不稳定。从雷达回波图上看(图略),经过锦州站的雷达回波为 30 dbz,高于周围地区,说明锦州站上空降雪云团较强。从图 6 也可看出,23 时上升运动中心在锦州站上空 700 hpa 处,以上条件均为产生高架雷暴的必要条件,因此出现高架雷暴即“雷打雪”现象。

4. 结论

(1) 此次锦州地区强降雪过程累积雪量大、持续时间长,为锦州地区有气象记录以来最强降雪,主要受 500 hpa 东北冷涡强烈发展诱发低层低涡及地面气旋发展北上,700 hpa 低空偏南急流和切变线、以及 850 hpa 以下冷空气楔入形成冷垫形势背景下的降雪。

(2) 强降雪分二个阶段,第一阶段由锋区引发的持续强降雪,是本次强降雪的主要贡献者,第二个阶段为气旋本身降雪,相对较弱。

(3) 700 hpa 低空急流、切变线、能量锋发展、维持为强降雪的发生提供充足的水汽供应、较好的动力抬升和不稳定对流。

(4) 降雪过程地面温度先降后升,是由冷高压前部冷空气从低层楔入锦州地区,而后被南来暖湿气团取代,致使锦州地区气温先降后升。

(5) 925 hpa 以下存在冷垫,925~870 hpa 存在明显逆温层,870 hpa 以上为冷层,这种冷-暖-冷结构,提供的动力、热力、水汽条件,引发锦州地区出现罕见“雷打雪”现象。

基金项目

国家重点研发计划项目(2018YFC1507305)、中国气象局预报员专项(CMABY2019-024)和辽宁省气象局重点科研项目(201802)共同资助。

参考文献

- [1] 李桢宇, 万瑜, 张俊, 等. 1961-2019 年乌鲁木齐暴雪环流分型及成因分析[J]. 干旱区地理, 2021(5): 14.
- [2] 马淑萍, 冉令坤, 曹洁, 等. 复杂地形强降雪过程中垂直运动诊断分析[J]. 大气科学, 2021, 45(5): 1127-1144.
- [3] 杨淑华, 赵桂香, 程海霞, 等. 山西两类暴雪过程的雷达产品特征比较及降雪量估测[J]. 干旱气象, 2021, 39(3): 436-447.
- [4] 吴剑坤, 黄初龙, 雷蕾, 等. 2001-2018 年北京地区暴雪天气雷达回波特征分析[J]. 气象科技, 2021, 49(1): 107-147.
- [5] 贺晓露, 秦幼文, 等. 2018 年 1 月鄂北大暴雪的异常环流形势和水汽输送特征[J]. 气象科技进展, 2021, 11(4): 27-33.
- [6] 刘娜, 张健, 王昆鹏, 等. 2020 年吉林省一例罕见雨雪冰冻天气综合分析[J]. 气象灾害防御, 2021, 28(3): 6-11.
- [7] 美丽巴奴·艾则孜, 张俊兰, 等. 北疆北部一次暖区暴雪天气过程的综合分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2021, 15(4): 107-114.
- [8] 戴玲玲, 周玉淑, 李国平, 等. 华北地区 2015 年“1106”降雪过程诊断分析[J]. 气候与环境研究, 2021, 26(5): 519-

531.

- [9] 杨成芳, 赵宇, 等. 基于加密观测的一次极端雨雪过程积雪特征分析[J]. 高原气象, 2021, 40(4): 853-865.
- [10] 胥珈, 丑士连, 蔡柠泽, 等. 吉林省南部一次回流与倒槽影响的特大暴雪天气分析[J]. 气象灾害防御, 2021, 28(2): 1-4.
- [11] 李燕, 赛瀚, 刘晓初, 张彩凤, 等. 辽宁东南部一次强降雪天气的成因分析[J]. 海洋气象学报, 2021, 41(3): 84-92.
- [12] 施俊杰, 孙鸣婧, 吕新生, 等. 南疆西部春季一次极端暴雪天气综合分析[J]. 干旱区地理, 2021, 41(3): 14.
- [13] 刘静, 仁川, 董巍, 等. 辽宁地区一次强降水过程诊断分析[J]. 气象与环境学报, 2016, 32(2): 18-27.
- [14] 俞小鼎. 强对流天气临近预报[M]. 北京: 气象出版社, 2010.