

彭力. 2018年1月2—4日陕西回流暴雪环流特征及成因分析[J]. 陕西气象, 2019(5): 1-6.

文章编号: 1006-4354(2019)05-01-06

2018年1月2—4日陕西回流暴雪环流特征及成因分析

彭力

(铜川市气象局, 陕西铜川 727031)

摘要:利用常规观测资料、NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 再分析资料、云顶亮温资料,对2018年1月发生在陕西的一次回流暴雪天气过程从环流形势、水汽、热力、动力等方面进行分析,研究表明:此次暴雪发生在南支槽与西风槽东移加深的大尺度环流背景下,冷暖空气在陕西中部长时间交汇,偏南风急流为暴雪发生提供了充足的水汽供应;暖湿空气在低层冷垫上爬升,配合高空急流的通风抽吸作用,加速高层辐散、中低层辐合,垂直上升运动发展,为暴雪提供了充足的动力和能量条件。冷暖空气在暴雪区上空对峙,陕西中部形成明显锋区,锋区次级环流加速了暴雪区上空垂直运动,对降雪起到增幅作用。暴雪区位于带状云系 $t_{BB} \leq -50^\circ\text{C}$ 强中心移过的区域,对暴雪预警有一定指示意义。

关键词:暴雪;冷空气;锋生;云顶亮温;三维环流特征

中图分类号: P458

文献标识码: A

暴雪作为北方冬季一种严重的灾害性天气,其出现概率较小,预报难度较大,常伴有结冰、低温冻害等其他气象灾害,往往给设施农业、交通运输、人民生命财产安全等带来不利影响。大量专家学者对近年来北方暴雪灾害天气的预报及成因进行了总结分析,得出了不少有价值的结论。康志明等^[1]对青藏高原特大暴雪成因进行分析,认为不稳定大气层结、高层强辐散的抽吸效应对特大暴雪的发生起重要作用;黄海波等^[2]对新疆暴雪天气研究指出,西南急流诱发的强上升运动和对流层低层天气尺度系统之间强烈的相互作用是暴雪形成的动力因子;庄晓翠等^[3]对新疆西部暴雪个例中尺度研究指出,低空急流的厚度与降雪量呈显著正相关;孙仲毅等^[4]对河南一次暴雪天气诊断分析,表明中低层辐合、高层辐散结构有利于低层垂直上升运动的持续加强;赵桂香等^[5]对2004年华北大到暴雪过程进行了诊断分析,认为暴雪过程与中尺度切变线的发展和东移直接关联;王迎春等^[6]对北京连续降雪个例进行分析指出,华北地区近地面层存在浅薄冷空气,暖湿空气

在冷空气垫上爬升造成降雪。这些结论和成果对暴雨成因和机理研究具有重要意义。此外,一些学者^[7-10]研究了华北等地回流暴雪天气结构特征,认为回流暴雪过程中高低空急流有非常重要的作用,中低层暖湿气流在干冷空气垫上辐合抬升,促使上升运动加强,造成异常强暴雪天气;顾佳佳、李津等^[11-12]在例诊断分析的基础上给出了对应暴雪天气的三维物理模型。这些结论和成果对暴雪成因和机理研究具有重要参考意义。降雪天气在陕西冬季极易出现,但是陕西发生暴雪天气较少,研究也较少,缺乏概念模型的总结。本文以2018年1月陕西中部一次回流暴雪为例,围绕回流暴雪天气的环流、水汽、动力、锋生等方面加以分析探讨,总结此次回流暴雪的环流概念模型,以期加深对陕西回流天气成因的认识。

1 暴雪天气实况

2018年1月2日08:00至4日20:00,陕西出现近年来罕见的区域性暴雪天气,降水量在0.1~23.2 mm(图1)。2日14时开始,陕西中南部自西向东逐渐出现降雪,3日08:00—4日

收稿日期: 2018-04-10

作者简介: 彭力(1990—),男,汉族,陕西商洛人,本科,工程师,主要从事灾害天气预报服务工作。

08:00降雪强度逐渐增大,降雪超过 10 mm 的区域集中在关中大部分地区,降雪量在 10.0~22.0 mm,共 42 个国家站出现暴雪,4 日 08:00,关中大部分地区积雪深度为 8~23 cm,最大为蒲城站,4 日 08:00—20:00 降雪强度逐渐减弱,趋于结束。强降雪出现在 3 日 20:00 至 4 日 08:00,多站 12 h 降雪量达 10 mm 以上。

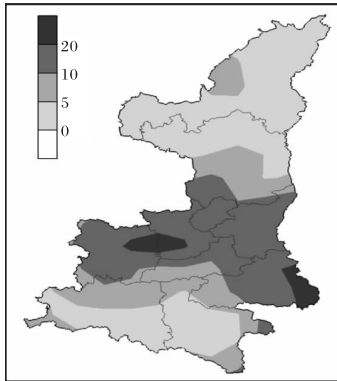


图 1 2018-01-02T08:00—01-04T20:00 陕西累积降雪量(单位为 mm)

2 环流特征

2 日 20:00 至 3 日 08:00,500 hPa 天气图上新疆北部冷涡稳定少动,冷涡底部分裂短波东移,南支槽发展;700 hPa 上高原东部低涡环流维持,偏南风急流向陕西中南部输送水汽,在关中地区形成辐合;850 hPa 上河套北部冷空气南压,强的东北气流将东北地区冷空向南输送;地面图上陕西位于蒙古冷高压底部偏东风气流中,冷空气在华北南部—陕西中南部形成回流,大气低层温度不断降低,形成冷的下垫面,低层冷空气与 850 hPa 东北气流配合,楔入 700 hPa 暖湿气流下方,加速上升运动,关中地区降雪逐渐加强。

3 日 20:00 (图 2),500 hPa 上冷涡底部分裂出的短波槽与南支槽东移加深;700 hPa 偏南风急流加强,关中西部存在明显的切变线,关中北部为明显的风速辐合带;850 hPa (图略)上河南省上空东风急流增大,陕西中南部为东风急流的辐合区。来自西南的暖湿气流与东北地区回流的冷空气在关中大部分地区交汇,配合 700 hPa 切变线与 500 hPa 高空槽,关中大部分地区造成强烈的辐合上升;4 日 08:00 500 hPa 西风槽移出,700 hPa 偏南风急流减弱,850 hPa 东风急流减小,降

雪强度减弱;4 日 20:00,500 hPa 高空槽移出,700 hPa 转为偏西风,低层东风消失,降雪结束。2 日 08:00 至 4 日 20:00,200 hPa 陕西上空存在大于 30 m/s 高空急流,暴雪发生时段,高空急流通风抽吸作用,加速了上升运动的发展。

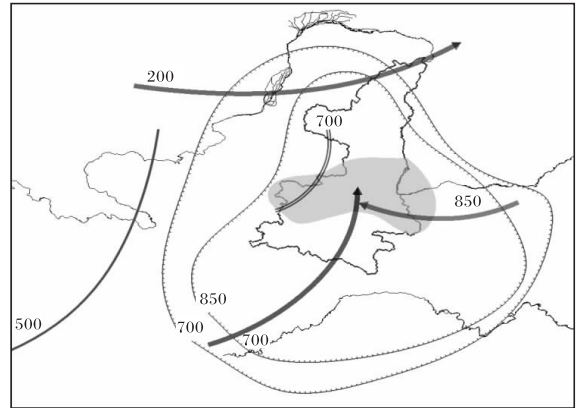


图 2 2018-01-03T20:00 中尺度综合分析(阴影为暴雪区,单实线为 500 hPa 槽线,双实线为 700 hPa 切变线,锯齿线为 850 hPa、700 hPa 饱和湿区,箭头线代表 200 hPa、700 hPa、850 hPa 急流)

3 水汽特征分析

此次暴雪天气,中低空偏南风急流为暴雪提供了充足的水汽供应。暴雪发生前,2 日 08:00 至 3 日 08:00,500 hPa 位于陕西西部的西南风急流逐渐加强,西安探空站西南风从 20 m/s 增大到 32 m/s,700 hPa 上偏南风从 6 m/s 增大到 14 m/s,偏南风急流的加强和维持为暴雪发生提供了充足的水汽条件。分析 3 日夜最大降雪量蒲城站(35°N、109.6°E)的水汽通量、水汽通量散度演变(图 3),可以看到暴雪前期,暴雪区上空低层到高层一直存在水汽输送,3 日 08:00 后随着中低空偏南急流加强,水汽输送加大。3 日 08:00 至 4 日 08:00,水汽输送十分明显,水汽输送中心位于 600~500 hPa,中心值超过 5 g/(cm·hPa·s),正好对应暴雪发生时段,表明了中层水汽输送对暴雪的作用。暴雪前期,水汽通量辐合主要位于 925~850 hPa,3 日 08:00 之后,西南风急流在低层冷空气垫上爬升,水汽的辐合中心抬升到 500 hPa 附近,辐合强度增大,中心强度增大到 -10×10^{-8} g/(cm²·hPa·s),且在 3 日夜间到 4 日凌晨一直维持。4 日 02:00,500 hPa 水汽通量

散度场叠加风场图(图略)上,关中大部分地区为水汽辐合中心,偏南风急流为陕西中部提供水汽输送;中层较强的水汽输送以及持续的水汽辐合为陕西中部暴雪发生起到了增幅作用。

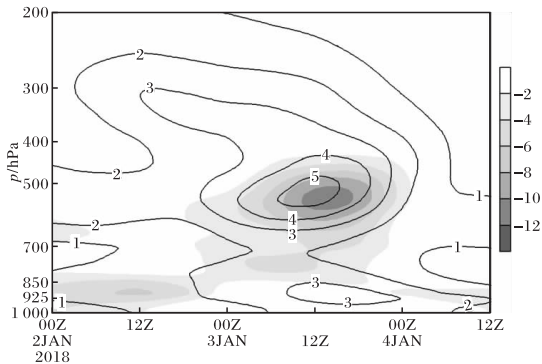


图3 2018-01-02—04蒲城(35°N、109.6°E)水汽通量(实线,单位为 $\text{g}/(\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ 及水汽通量散度(阴影,单位为 $10^{-8} \text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ 剖面

4 动力条件分析

降雪开始后,陕西中部850 hPa之下受冷高压前偏东风回流冷空气影响,低层温度不断降低,陕西以东河南上空偏东风不断增大,低层冷空气在陕西中部辐合堆积,冷垫作用明显;中高层受偏南风影响,暖湿气流在冷空气上爬升,上升运动随之加强。温度叠加风的剖面图上(图略),暴雪开始后,暴雪区(106~110°E)上空偏南暖湿急流在偏东风急流上爬升,配合700 hPa切变线,上升运动进一步加强。散度剖面图上,3日20时(图略)开始,中低层辐合,高层辐散;4日02时(图4),中低层辐合,高层辐散达到最大。暴雪开始后,从低层至200 hPa均为上升区,4日02时上升运动达到最强,大的上升区位于600~300 hPa,中心值达到 $-8 \times 10^{-3} \text{hPa/s}$,强烈的上升运动将低层水汽输送到高层,有利于暴雪的发生。在暴雪发生时,暖湿急流空气在低层冷垫上爬升辐合,高空急流通风抽吸,加速上升运动发展,为暴雪发生发展提供有利的动力条件。

5 热力条件诊断分析

5.1 冷空气作用

从温度平流沿109.6°E经向剖面发现,2日08时至3日08时,河套北部高空冷空气向低层渗透,在偏北风作用下,冷空气向暴雪区输送。3日

08时温度平流经向剖面图(图略)上,40~45°N的冷平流达到 $-24 \times 10^{-5} \text{°C/s}$,850 hPa以上受西南暖平流影响,暖平流中心位于700~500 hPa,850 hPa以下为冷平流。沿35°N温度平流纬向剖面发现,暴雪发生前,850 hPa以下存在一支自东向西输送的冷空气,这路冷空气是由高空冷空气下沉南压,受低层偏东风回流影响所致。3日08时温度平流纬向剖面(图5)图上,暴雪区温度平流达到 $-8 \times 10^{-5} \text{°C} \cdot \text{s}^{-1}$,暴雪区上空存在东风急流风速辐合,冷平流的持续输送,850 hPa温度不断降低。此次暴雪过程的冷空气主要来自中高纬,高空冷空气下沉,在偏北风作用下南压,与低层偏东风急流在暴雪区辐合堆积,形成冷垫楔入暖湿气流下,加速气流抬升。

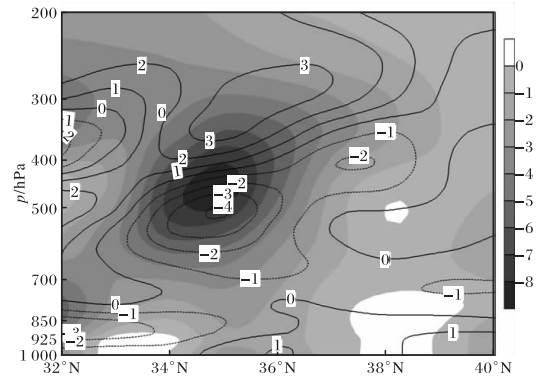


图4 2018-01-04T02沿109.6°E垂直速度(阴影区,单位为 10^{-3}hPa/s)及散度(等值线,单位为 10^{-5}s^{-1})剖面

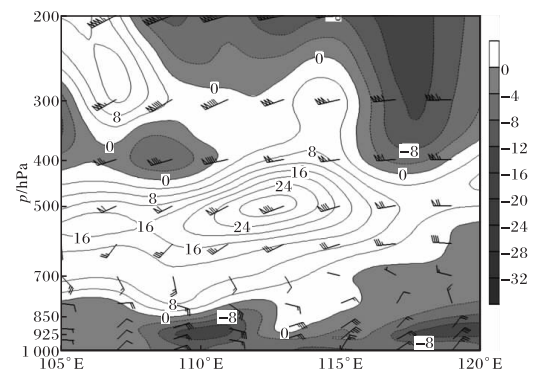


图5 2018-01-03T08沿35°N温度平流叠加风场垂直剖面(风矢代表风场,单位为 m/s ;等值线为温度平流,单位为 10^{-5}°C/s ,阴影为冷平流)

5.2 锋生及次级环流

4日02时从假相当位温经向剖面(图略)发现,

低层 θ_{sc} 的低值区楔入中高层 θ_{sc} 的高值区, 850 hPa 以上 θ_{sc} 向冷区倾斜, 在暴雪区上空 850~400 hPa θ_{sc} 线最为密集, 表明在暴雪发生时, 中高层暖湿急流与低层冷空气在陕西中北部相遇, 形成对峙。

锋生函数可以从定量的角度来分析具体的天气现象、气象要素的变化状况, 锋生函数大于 0 时表示锋生。李兆慧等^[13]对武汉一次暴雪天气的分析表明, 锋生、锋消变化与降雪天气的出现和停止一致, 锋面次级环流产生, 与暴雪的出现和停止相关。2 日夜间起, 冷暖空气交汇, 在暴雪区上空出现锋生, 冷空气下沉南压, 锋生函数 F 逐渐增大, 4 日 02 时(图 6), 暴雪区上空 850~400 hPa 存在强的锋生, 500 hPa 锋生中心强度达到 $12 \times 10^{-10} \text{ g} \cdot \text{K}/(\text{m} \cdot \text{s})$, 锋区随高度向北侧冷区倾斜, 向上延伸到 200 hPa, 与暴雪区上空假相当位温密集带一致。锋区南侧为爬升的暖湿气流, 锋区北侧冷空气下沉, 受低层偏北风影响, 在暴雪区辐合堆积, 形成冷垫, 楔入西南暖湿急流下, 加速暖湿气流抬升, 暴雪区上空形成了闭合的锋区次级环流, 次级环流加速了上升运动发展, 降雪强度随之加大。4 日 08 时, 锋区南压, 次级环流消失, 上升运动减弱, 降雪逐渐较小。锋生及锋生产生的次级环流加速了暴雪区上空上升运动的发展, 加强了冷暖气流的交汇对峙, 是夜间暴雪发生的重要原因。

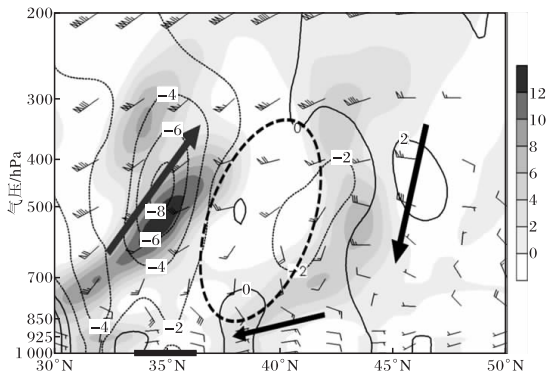


图 6 2018-01-04T02 沿 109.6°E 锋生函数 (阴影, 单位为 $10^{-10} \text{ g} \cdot \text{K}/(\text{m} \cdot \text{s})$ 、垂直速度(等值线, 单位为 10^{-3} hPa/s)、风场(风矢, 单位为 m/s)垂直剖面 (黑色粗线代表暴雪区, 箭头代表环流的冷暖空气, 黑色环状虚线代表锋区次级环流)

6 云顶亮温演变特征

分析此次暴雪过程中相当黑体亮温演变, 2

日 08 时, 受高原槽东移和低层低涡切变影响, 有一 $t_{BB} \leq -30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的带状云系从陇东延伸至山西南部, 高空槽前抬升和低层切辐合上升, 带状云系不断发展; 2 日 14 时(图 7a), 带状云系覆盖关中大部分地区, 此时关中西部降雪已经开始; 20 时(图 7b)带状云系面积扩大, 云团发展, $t_{BB} \leq -40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的中心控制陕西中南部。2 日 20 时至 3 日 08 时, 南支槽和西风槽东移发展, 700 hPa 上偏南风加大, 在低层冷空气上爬升, 带状云系继续发展。3 日 08 时(图 7c)带状云系覆盖陕西大部分地区, 西南风辐合抬升, 陕西西南部有中心强度 $t_{BB} \leq -45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的带状云系发展, 云系中有 $t_{BB} \leq -50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的强中心存在, 西南风作用下强的带状云系不断向东北方向移动。南支槽和西风槽东移加深, 低层偏东风急流楔入暖湿急流下, 冷暖空气在关中及关中北部交汇, 20 时(图 7d)陕西中南部大部分地区被 $t_{BB} \leq -45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的带状云系覆盖, 云系中存在大面积的 $t_{BB} \leq -50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的强中心, 中心强度最大 $t_{BB} \leq -55 \text{ }^{\circ}\text{C}$; 3 日夜间带状云系中的强中心从陕西中部自西向东移动。4 日 05 时(图 7e), $t_{BB} \leq -45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的强中心移出陕西。4 日 08 时, 西风槽移出陕西, 700 hPa 南风减弱, $t_{BB} \leq -30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的带状云系覆盖陕西关中、陕南地区, 降雪强度减小。4 日 14 时(图 7f), $t_{BB} \leq -30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的带状云系移出陕西, 降雪结束。可以看出此次陕西暴雪过程是由带状云系自陕西西南东移加强所致, 系统加深, 辐合上升运动加强, 带状云系强中心不断加强, 是产生暴雪的原因。 $t_{BB} \leq -30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冷云带出现时对应降雪, $t_{BB} \leq -50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的强冷云带出现时对应着强降雪, 3 日夜间陕西暴雪区位于带状云系中 $t_{BB} \leq -50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的强中心移过的区域。

7 三维环流特征

分析此次暴雪发生前后环流形势, 综合水汽、热力、动力条件特征分析, 总结了此次暴雪天气的环流特征(图 8)。高层冷空气逐渐下沉, 在偏北风和低层东风急流作用下, 在暴雪区低空辐合堆积, 形成冷垫; 700~500 hPa 南支槽与西风槽东移加深, 槽前强盛的西南风急流在冷空气垫上爬升, 为暴雪发生提供了充足水汽供应, 低层切变和高空槽前的辐合, 加速了水汽的

聚集。高空急流在暴雪区上空通风抽吸,加强了高层辐散、中低层辐合,上升运动的发展。中高层暖湿急流与低层冷空气在暴雪区上空对

峙,形成了明显锋区,锋区两侧明显的次级环流,加速了暴雪区上空上升运动的发展,是暴雪发生的重要原因。

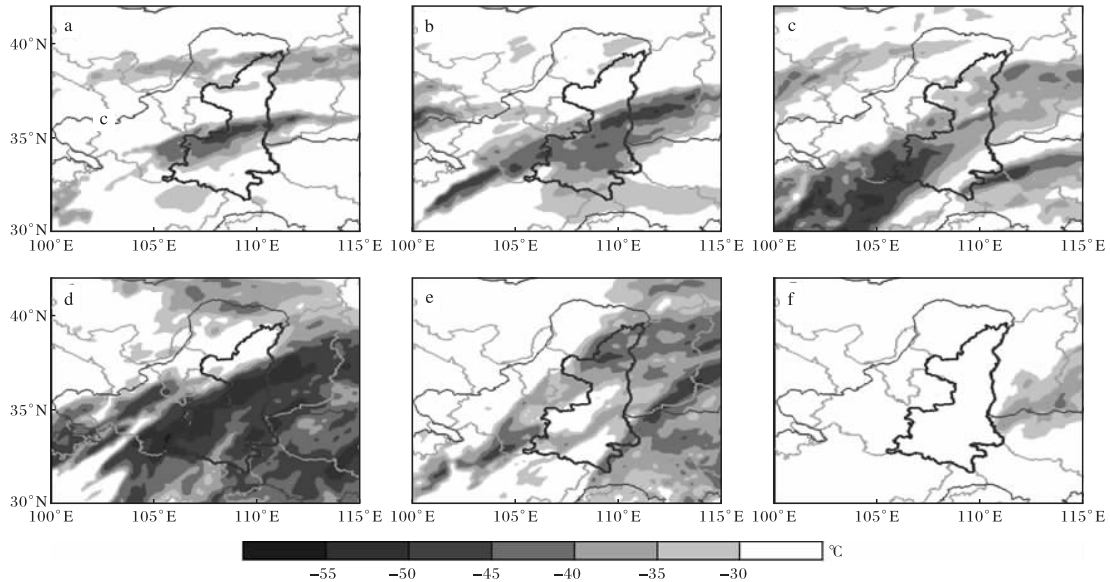


图7 2018年1月相当黑体亮温(T_{BB})演变

(a 2日14时, b 2日20时, c 3日08时, d 3日20时, e 4日05时, f 4日14时)

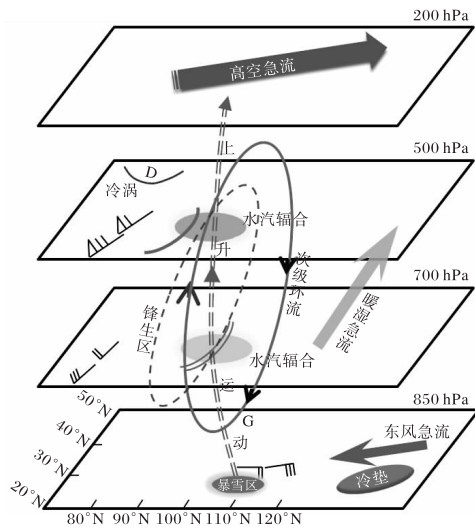


图8 陕西中部暴雪过程三维空间环流特征

8 小结

(1) 此次暴雪,发生在西风槽与南支槽东移合并的大尺度环流背景下,850 hPa 偏东风急流楔入700 hPa 偏南暖湿急流下,配合低层切变线与高空槽叠加,造成冷暖空气在陕西上空交汇。

(2) 偏南风急流为暴雪区提供了充足的水汽供应,暴雪区上空持续的水汽辐合,为暴雪发生提供了充足的水汽条件。高空冷空气下沉南压,在

低层偏东风作用下,在陕西中南部形成冷垫;暖湿急流在冷垫上爬升,配合高空急流的通风抽吸作用,加速上升运动发展,将低层水汽输送到高层,为暴雪发生提供了充足的动力和能量条件。

(3) 中高层暖湿急流与低层冷空气在陕西中北部对峙,暴雪区上空形成明显锋区。锋区次级环流加速了暴雪区上升运动的发展,为降雪起到增幅作用,是暴雪发生的重要原因。

(4) 暴雪发生时段,带状云系逐渐东移并不断加强,暴雪区位于带状云系中 $t_{BB} \leq -50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的强中心移过的区域。

参考文献:

[1] 康志明,罗金秀,郭文华,等. 2005年10月西藏高原特大暴雪成因分析[J]. 气象,2007,33(8):60-67.
 [2] 黄海波,徐海容. 新疆一次秋季暴雪天气的诊断分析[J]. 高原气象,2007,26(3):624-629.
 [3] 庄晓翠,覃家秀,李博渊. 2014年新疆西部一次暴雪天气的中尺度特征[J]. 干旱气象,2016,34(2):326-334.
 [4] 孙仲毅,王军,靳冰凌,等. 河南省北部一次暴雪天气过程诊断分析[J]. 高原气象,2010,29(5):1338-1344.

陈小婷,赵强,刘瑞芳,等. 关中一次阵风锋触发的强对流天气分析[J]. 陕西气象,2019(5):6-11.

文章编号:1006-4354(2019)05-06-06

关中一次阵风锋触发的强对流天气分析

陈小婷,赵 强,刘瑞芳,杜莉丽

(陕西省气象台,西安 710014)

摘 要:利用雷达、探空和自动站等观测资料以及 NCEP1°×1°再分析资料对 2018 年 7 月 26 日关中地区快速发展移动的强对流天气进行研究,重点分析了出流边界在对流风暴局地生成、快速发展中的作用。结果显示:26 日上午关中东部地区存在有利于对流风暴发生、发展的中尺度环境条件,包括明显的热力不稳定,低层强的偏南气流及暖平流;午后秦岭山区对流云团下山过程中和西安南部多个对流单体合并加强,形成强的冷池和雷暴高压,激发出阵风锋,阵风锋是本次强对流天气的触发机制;雷达图上新的对流单体在阵风锋前径向风风向切变最大处触发,大风天气出现在阵风锋后部强的反射率因子梯度区;阵风锋位于冷池前沿,两者的发展演变密切相关,雷暴合并补充加强了冷池强度,有利于阵风锋及强对流天气维持较长时间;边界层风向与阵风锋移动方向相反,而边界层以上的风向与之相同是阵风锋触发的对流风暴维持发展的一个因素。

关键词:关中;强对流;雷暴大风;阵风锋;冷池

中图分类号:P458

文献标识码:A

在合适的环境条件下,强风暴内部下沉冷空气到达近地面向外流出与环境空气交汇形成的界面,称为阵风锋。阵风锋不但具有阵性风大和低空风切变显著的特点,还能触发新对流单体的产生^[1],是短时临近预报关注的重要对象。针对阵

锋国内外学者进行了大量研究^[2-10],张涛等^[2]对三次阵风锋过程分析表明,持续下沉的冷空气形成雷暴高压是阵风锋产生的直接原因。王秀明等^[3]对河南、安徽一次大范围雷暴大风天气分析表明,冷池合并是商丘产生极端大风的主要原因。

收稿日期:2019-04-10

作者简介:陈小婷(1984—),女,陕西宝鸡人,汉族,硕士,高工,主要从事灾害性天气预报及分析诊断。

基金项目:中国气象局预报员专项项目(CMAYBY2019-116)

- [5] 赵桂香,程麟生,李新生. “04.12”华北大到暴雪过程切变线的动力诊断[J]. 高原气象,2007,26(3):615-623.
- [6] 王迎春,钱婷婷,郑永光. 北京连续降雪过程分析[J]. 应用气象学报,2004,15(1):58-65.
- [7] 田秀霞,李娟,何丽华,等. 2011年初冬华北南部回流暴雪诊断分析[J]. 暴雨灾害,2016,34(3):243-251.
- [8] 王丛梅,李永占,刘晓灵. 河北省南部回流暴雪天气结构特征[J]. 气象与环境学报,2015,31(3):23-28.
- [9] 胡顺起,曹张驰,陈滔. 山东省南部一次极端特大暴雪过程诊断分析[J]. 高原气象,2017,36(4):984-992.
- [10] 赵海英,赵桂香,李新生,等. 山西省北中部初冬一次暴雪天气诊断分析[J]. 中国农学通报,2017,33(26):78-82.
- [11] 顾佳佳,武威. 2014年2月4—7日河南暴雪过程的环流特征及其持续原因[J]. 暴雨灾害,2015,34(2):117-125.
- [12] 李津,赵思雄,孙建华. 一次华北破纪录暴雪成因的分析研究[J]. 气候与环境研究,2017,22(6):683-698.
- [13] 李兆慧,王东海,王建捷,等. 一次暴雪过程的锋生函数和急流-锋面次级环流分析[J]. 高原气象,2011,30(6):1505-1515.