

鄂尔多斯市一次春季暴雪过程分析

陈 静 张永才

(内蒙古鄂尔多斯市气象台, 017000)

提 要: 2007年3月2—3日鄂尔多斯市出现暴雪天气。范围大, 持续时间长, 是有气象资料以来所罕见。在天气图上主要表现为北槽南涡, 东高西低, 具有夏季降水特征, 冷暖空气在鄂尔多斯市交绥且维持时间达24小时。卫星云图和多普勒天气雷达回波表现为降水前后3个时段具有明显特征。降水前涡旋云系完全形成, 雷达上只有零星回波, 强度为20dBz, 垂直风切变随高度变化无序; 降水主要阶段, 涡旋云系第一象限的中低云控制鄂尔多斯市, 雷达回波连成片, 强度为25dBz, 且有一中心强度为55dBz的强回波中心, 垂直风切变随高度变化有序, 风速加大, 冷暖平流明显, 回波顶高度3~8km, 并出现了牛眼回波; 之后, 降水减弱消失, 暴雪天气过程结束。

关键词: 北槽南涡 冷暖平流 大回波区 牛眼回波 回波顶

引 言

鄂尔多斯市位于内蒙古自治区中南部, 海拔高度1500m左右, 四面环山, 天气特点既有盆地性质又有高原性质。2007年3月2—3日暴雪天气过程表现为春季具有夏季降水天气特点, 影响范围大, 维持时间长, 雪量大。使用MICAPS资料、卫星云图资料和多普勒天气雷达观测资料进行分析, 认为主要影响的天气系统是北槽南涡, 东高西低; 卫星云图显示在河套上游有涡旋云系和高空槽云系相配合, 其云系的前方有一狭长的干区维持了9小时, 这一狭长干区有利下垫面辐射增温, 有利于暖湿气流垂直上升运动; 雷达回波显示有大片回波云, 并且出现了牛眼型回波, 辐合辐散区明显。从中找出一些指标, 可用于制作短期及临近天

气预报, 为当地政府提供科学依据, 为防灾减灾做贡献。

1 天气实况与资料说明

1.1 天气实况

2007年3月2日20时至4日20时, 受高空强冷空气和西南暖湿气流及地面冷锋的共同影响, 鄂尔多斯市先后出现了暴雪、大风、寒潮等灾害性天气。这是鄂尔多斯市有气象记录以来范围最广、强度最强的一次暴雪天气过程, 有32个测站(包括雨情点)的降雪量在20mm以上, 达旗高头窑35.0mm、鄂托克旗木凯淖31.7mm, 最大积雪深度达1m(民政局统计数字)。雪后, 温度急剧下降了15℃左右, 个别台站最低气温下降了20~22℃(表1), 全市24小时均达到暴雪。

表1 2007年3月2日14时—4日08时鄂尔多斯市降雪量、积雪深度及降温实况

时间	3日降雪量/mm	过程降雪量/mm	积雪深度/mm	过程降温/℃
东胜区	15.8	21.1	18	18.0
达拉特旗	18.7	21.4	10	15.9
准格尔旗	12.9	16.4	5	16.3
伊金霍洛旗	16.8	18.7	12	17.5
杭锦旗	12.4	13.4	8	20.7
鄂托克旗	12.4	16.3	8	19.0
鄂托克前旗	12.8	15.0	5	19.1
乌审旗	16.3	17.7	9	17.6
乌审召	16.6	24.1	11	19.9
伊克乌素	13.4	15.8	4	22.2
河南乡	13.2	14.8	13	20.6

从雷达资料反演的1小时降水量来看,这次降雪时间长,范围大,鄂尔多斯市周围方圆150 km均有降雪。3月2日20时鄂尔多斯市西部、南部降雪开始,3日02时降雪范围达到最大。从反射率因子演变图中可以看到(图略),雪带从西南向东北方向移动,19时降雪结束。这次降雪时间维持了近24小时。

1.2 资料说明

本文所使用的资料包括:2007年3月2—4日各时次MICAPS资料,地面加密观测资料(包括自动站观测资料),3月2—4日每6分钟一次体扫多普勒天气雷达观测资料。

2 高空环流形势分析

从3月2日08—20时500hPa高空图(图略)上可以看出,此次暴雪发生前高空环流形势表现为北槽南移(槽)型。新西伯利亚低槽不断有分裂小槽南下,进入蒙西山地,巴尔喀什湖低槽与四川盆地低槽合并,形成一南支槽。受鄂霍茨克低槽加强和东亚大槽迅速填塞的影响,欧亚上空为东高西

低,使南北两支槽在进入河套地区时移动缓慢,2日20时以前河套地区一直处于槽前暖湿气流中,槽后的冷空气在西北气流的引导下不断东移南下,与槽前的西南暖湿气流交绥,造成鄂尔多斯全市暴雪天气。从2日20时500hPa高空图看(图1),高空形势在过去的12小时内出现一个明显的调整。乌拉尔山高压北抬加强,使冷空气得以沿着高脊前沿南下,槽后西北气流明显加强,此次发生暴雪的地区位于高空槽的槽前。

由图2给出的卫星云图和500hPa高空风场的叠合可见,暴雪发生前河套上空的高空槽前在卫星云图上表现为高空槽云系和涡旋云系相结合,在风场上表现为从西南风到

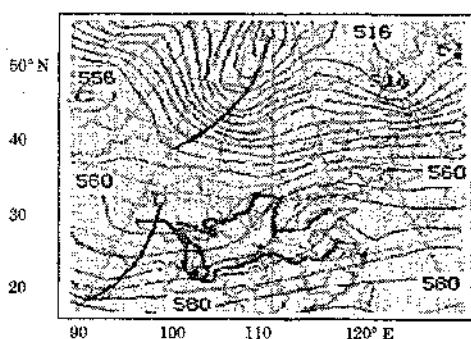


图1 2007年3月2日20时500hPa高度场

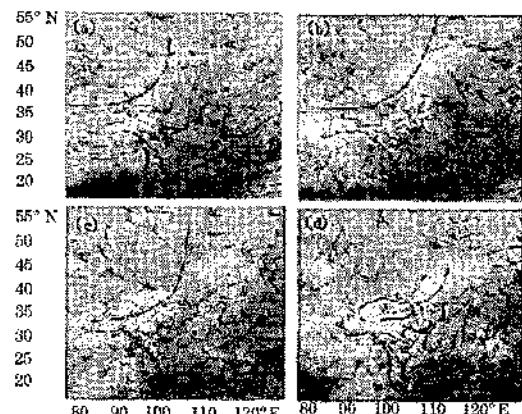


图2 2007年3月1日08时—2日20时红外图像与500hPa风场叠加(a、b、c、d分别表示1日08时,20时,2日08时,20时;实线表示高空槽)

西北风的反气旋式转折。3月2日20时之前槽前的风有明显的疏散特征,这种疏散槽结构有利于高空槽的加深。从云的演变可以看到,系统的适应过程中对流云团有核心云团,形成钢盖型,系统的演变过程中云的边缘有卷云,云中有卷云丝缕状。以上特征表明,此次暴雪是高空槽东移加深过程中的一次对流性天气转稳定性天气过程。

从物理量场可以看到,在河套以南地区对流层高层(200hPa)为辐散区,对流层低层(850hPa)为辐合区(图略)。这种高低空环流配置表明暴雪发生前雪区附近的气层中已经具有对流层上部辐散下部辐合的特征,是这次对流天气形成的重要的大尺度动力因素。

3 高空热力分布和稳定度分析

降雪发生前,3月2日08时的高空槽垂直结构在200hPa以下的对流层中低层具有随高度向后(向西)倾斜的特征。从850~300hPa均为西南气流,200hPa出现了偏西气流。后倾结构使高层干冷空气叠加在中低层的暖湿空气之上,形成高低空的温度和湿度的差动平流,使层结愈来愈不稳定,当受到抬升力作用时,这种对流不稳定能量就会得到释放,使范围广时间长的降水发生。

从3月2日20时风廓线表明(图略),低层1.8~4.3km处风向随高度顺转,中层4.6~4.9km处风向随高度逆转,表明降水发生前高空槽前对流层低层为暖平流,中层为冷平流,温度层结上具有上冷下暖的特点。

3月2日08时700hPa和850hPa比湿图上出现了一条南北走向的湿舌,从孟加拉湾一直伸向河套地区,沿着这条湿舌,低空的西南风将水汽输送到暴雪区附近,为强降

水提供了有利的水汽条件。在3月2日08时700hPa假相当位温 θ_e 分布图上(图略),可以看到 θ_e 高值区与700hPa中湿舌位置和走向基本一致。从 θ_e 垂直分布图上可以考虑暴雪发生地区大气的垂直结构。在垂直分布图上湿舌对应的 θ_e 高值区随着高度的增加有所减小,其走向为南—北向。湿舌的上空对流层下部是高 θ_e 区,对流层中部是低 θ_e 区,因此层结不稳定,这与上面分析的高低空温湿差动平流一致。而 θ_e 垂直结构的另一个特点是,随着高度增加强度逐渐减弱,在高值区20个纬距内,500hPa从12~44,有9根等值线,700hPa从4~44,有11根等值线,850hPa从0~60,有16根等值线。这说明暴雪发生前,降水区附近高低空的温度和湿度的差动平流是造成上冷下暖湿的不稳定大气层结的重要因素。

4 下垫面温湿条件分析

3月1—2日,鄂尔多斯市及周边地区均有降水,连续性降水造成此处下垫面较湿。强降水发生前后的可见光云图上,位于河套南部有一片云顶高度较低的层状云区。3月2日10时云层变密并且加厚,14时强度达到最大,在河套以西出现了一系列对流云团。而此时的对流云团和低层湿舌的走向和位置基本一致。湿舌上空由于有云层覆盖,地面接收到的太阳辐射相对较低。而在湿舌前方的晴空区,地面接收的太阳辐射较高。也就是说在上午低空层状云区的边缘附近,存在地面入射太阳辐射的不均匀加热,加之鄂尔多斯高原特殊的地形地貌,地面不均匀加热和地形强迫抬升共同作用,使云区(湿区)边界处的空气被迫抬升,形成对流。下垫面不均匀加热是这次对流天气的热力触发机制。

5 雷达卫星资料分析

3月1日09时水汽图像上，在河套以西地区有一狭长的干区维持了9个小时，这一狭长干区有利下垫面辐射增温，有利于气块上升运动。在青海有一涡旋云系，给狭长的干区输送水汽。狭长干区东移中在鄂尔多斯市维持了近14个小时，使气块垂直运动加强，水汽的前锋逐渐进入鄂尔多斯市，产生对流不稳定层结。2日00时西路和西南路两股水汽在河套汇聚，青海水源在西南暖湿气流北上过程中不断加强，说明水源充沛，水汽通道畅通，使当地水汽能量仍在积累中，当它的能量达到极限时，将会爆发，即降雪开始。红外云图与此完全相同，云的东南方向有向下发展的辐邹状，云发展剧烈。19时青海低涡云系强烈发展东移，它是影响鄂尔多斯市暴雪的主要云系。可见光云图上3月2日10时云层变密并且加厚，14时强度达到最大，在河西出现了一系列对流云团。

从3月2日08—17时红外云图的连续演变来看（图略），有一个明显的特点，河

套附近的北槽南涡云系逐渐向斜压云系发展，18时与南支槽云系在河套以西交汇，形成一明显辐合上升区。从可见光云图中同样可以看到，河套以西有明显辐合上升区。21时斜压云系中有卷云丝缕状，主体云系稳定少动。这一斜压云系在鄂尔多斯市维持了近36个小时，然后减弱东移。

从雷达反演的鄂尔多斯市上空对流云风暴总和累积降水量(STP)随时间变化曲线(图3)看，2007年3月2—4日降雪出现了3个阶段的变化：即2日14:48—20:16、2日20:23—3日17:34、3日17:40—4日07:58。3个阶段中降水主要发生在第二阶段中，维持了21个小时。从中进一步说明了降雪时间长范围大。第一阶段为初生阶段，从南部开始，这时降雪不稳定，时停时降。第二阶段为发展成熟的降水阶段，2日20时雪区逐渐增大，3日06时雪区覆盖全市。第三阶段为减弱消失阶段，3日17时以后降雪停止。

下面通过云的结构、雷达回波特征、中低层三维风场等方面分析这3个阶段变化情况，试图揭示这次暴雪的发展演变特征。

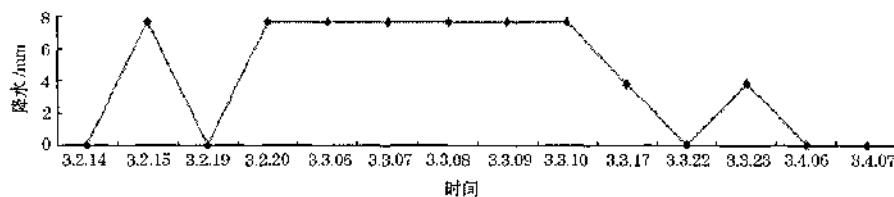


图3 根据雷达定量降水估计算法反演的风暴总累计降水量(STP)

5.1 初生阶段

2日14—20时，红外云图上河套以西涡旋云系底部有明显的辐散发展，并向东偏北方向移动，青海低涡云系强烈发展东移，雨区已进入河套地区。从雷达回波上看，在鄂尔多斯市上空有些零星回波，强度在

20dBz左右，没有形成片状。从雷达反演风廓线上看，在这个时段内鄂尔多斯市处于暖平流上升气流中，但与下沉气流相比，上升气流较弱，20时以后上升和下沉气流明显加强，这与前面分析的低空气流辐合辐散区的位置相互配合。从回波顶资料分析，15—19时回波面积逐渐增大，缓慢地向东北方

向移动, 回波顶高度从 6km 逐渐增加到 8km, 说明对流加强。

5.2 发展成熟阶段

2 日 20 时—3 日 07 时, 卫星云图上表现为涡旋云系强烈发展, 鄂尔多斯市处于涡旋云系前锋的第一象限偏南位置, 主要为中低云控制, 稳定少动。反射率因子显示有大片回波区, 强度为 25dBz, 从西南向东北方向发展。22 时 30 分在东胜西南方向 80 km 左右地区, 有一强度为 55dBz 强回波。从雷达反演风廓线上看, 在这个时段内鄂尔多斯市境内由暖平流上升气流转为冷平流下沉气流, 冷暖空气交绥, 降水强度加强。从回波顶资料分析, 20 时到次日 4 时回波面积几乎覆盖全市, 回波顶高度南部为 3~6km, 主要为中低云, 这是主要的降水时段。从雷达径向速度分析, 22 时 12 分在测站 100 km 范围内出现了出流最大速度和入流最大速度, 分别为 $7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $-7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。22 时 42 分至 23 时 25 分出现“牛眼”型回波, 说明风随高度增大到最大值, 然后再随高度减小。3 日 08 时零度线呈“S”型, 表明有暖平流。这次降水过程主要是暖区降水(图 4)。

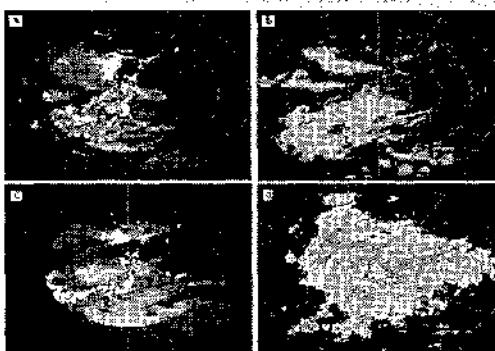


图 4 2007 年 3 月 2 日径向速度、回波顶高度和组合反射率因子图

(a) 2 日 21:17 V27; (b) 2 日 21:48 ET41
(c) 2 日 22:48 V27; (d) 3 日 10:22 CR38

5.3 减弱阶段

3 日 17 时以后, 卫星云图上表现鄂尔多斯市被高云控制, 移动速度加快。雷达回波上范围逐渐减小, 强度减弱为 15—20dBz, 回波区逐渐从片状演变为零星的小片状。从雷达反演风廓线上看, 在这个时段内鄂尔多斯市境内主要为冷平流控制, 降水强度减弱。从回波顶资料分析, 3 日 6—18 时回波基本结束。冷空气进入鄂尔多斯市。

6 结语

这次暴雪的主要特点是各特征值维持时间长, 北槽南涡是主要天气影响系统。后倾结构使高层干冷空气叠加在中低层的暖湿空气之上, 形成高低空的温度和湿度的差动平流, 使层结愈来愈不稳定, 当受到热力抬升作用时, 这种对流不稳定能量就会得到释放而使范围广、时间长的降水发生。河套以西的高空槽云系与涡旋云系相互配合及河套地区狭长的干区有利于湿空气北上和下垫面辐射增温, 使垂直上升运动加强。降水的 3 个阶段在卫星云图和雷达回波中反映明显。初始阶段和减弱阶段强度均较弱, 发展阶段使各特征值达到最大。反射率因子强度普遍为 20~25dBz, 最强处为 55dBz。从雷达径向速度和反演风廓线表明, 出现“牛眼”和“S”型, 暖平流上升气流明显, 主要是暖区降水。降水结束后, 强冷空气入侵, 造成雪后剧烈降温。

参考文献

- [1] 俞小鼎, 姚秀萍, 熊廷南, 等. 灾害性天气的产生和多普勒雷达的探测 [M]. 新一代天气雷达原理与应用讲义, 2000: 228-246.
- [2] 气象卫星图像在天气分析和预报中的应用 [M]. 中国气象局培训中心, 2005. 12.
- [3] 寿亦营, 许健民. “05·0”东北暴雨中尺度对流系统研究 [J]. 气象学报, 2007, 65 (2): 160-182.
- [4] 东高红, 张志茹, 等. 一次大雪天气过程的多普勒雷达特征分析 [J]. 气象, 2007, 33 (7): 75-81.