

王春玲,崔力,杜丽娅,等.2017年早春濮阳市一次冰雹过程诊断分析[J].陕西气象,2019(3):30-34.

文章编号:1006-4354(2019)03-0030-05

# 2017年早春濮阳市一次冰雹过程诊断分析

王春玲,崔力,杜丽娅,刘伟,王聪

(濮阳市气象局,河南濮阳 457000)

**摘要:**利用常规地面、高空气象资料,郑州站探空订正资料,濮阳气象站实况资料,濮阳和郑州新一代多普勒雷达资料等,对2017年4月13日下午发生在濮阳市的雷暴大风、冰雹等强对流天气过程进行了综合分析。结果表明:(1)本次强对流天气是在中低层低槽东移,地面辐合线南压等大尺度系统影响下产生的;冰雹发生在低空西南暖湿气流大风速带左侧边缘、高空80 m/s偏西风急流核出口区左侧、地面辐合线附近。(2)强对流发生前,华北地区850 hPa为暖温度脊,500 hPa为冷温度槽,形成有利于强对流天气发生的不稳定层结;850、700 hPa干湿区错位叠加及露点锋的存在,说明低层在水平和垂直方向上干湿分布极不均匀。(3)郑州站探空订正资料显示,中等以上强度的垂直风切变,有利于强对流风暴的组织发展,深层的垂直风切变构成了冰雹产生的有利环境条件。(4)多普勒雷达组合反射率因子图上对流单体中心强度达65 dBz,有超级单体生成;剖面图上有弱回波区、回波悬垂出现;速度图上有低空和超低空急流、27 m/s的风速大值区及低层径向辐合、弱中气旋等;垂直积分液态含水量达63 kg/m<sup>2</sup>,最大回波顶高13 km以上。

**关键词:**冰雹;雷暴大风;低槽;地面辐合线;超级单体;弱中气旋;弱回波区;回波悬垂

**中图分类号:**P458.121.2

**文献标识码:**A

冰雹是一种严重的灾害性天气,常和雷暴大风、短时强降水等相伴出现,因发生迅速、强度大、致灾性强、预报预警难度大,备受气象工作者的重视。许多气象科研工作者<sup>[1-5]</sup>对冰雹产生的机理进行了研究,但地域、发生季节不同,形成机理也有差异。濮阳地区4月出现的冰雹个例很少,也没有更多针对4月冰雹的预报指标,因此有必要加强分析与积累此类个例。利用常规高空、地面气象资料,郑州站探空订正资料,濮阳气象站实况资料,濮阳和郑州新一代多普勒雷达资料等,对2017年4月13日下午发生在濮阳市的一次雷暴

大风、冰雹等强对流天气过程进行综合分析,寻找其产生的机制,得到一些经验指标,为今后此类天气的预报提供参考依据。

## 1 过程概况

2017年4月13日近17时,濮阳市自西向东先后出现了瞬时风速达8~9级的雷暴大风、局地冰雹天气。过程降水量不足20 mm,冰雹主要出现在濮阳市区和濮阳县境内,直径达2~3 cm,早春时节出现如此强烈的强对流天气,实属罕见。濮阳市所辖管的5县测站降水、大风实况见表1。

收稿日期:2018-06-13

作者简介:王春玲(1963—),女,河南封丘人,高工,从事天气、气候预报预测工作及研究。

基金项目:濮阳市气象局科技创新基金项目(PQ201602)

气象,1990,16(2):11-15.

[8] 屠其璞.气象应用概率统计学[M].北京:气象出版社,1982:36-52.

[9] 金丽娜,翟园,曲静.西安市各区县气温预测统计

方法对比分析[J].陕西气象,2016(4):31-35.

[10] 樊纲惟,王浩强,樊洁馨,等.1959—2014年略阳县气候变化趋势分析[J].陕西气象,2017(1):20-23.

表1 2017-04-13濮阳市各县降水、大风实况

要素	濮阳	南乐	清丰	范县	台前
16—20时降水量/mm	7.3	7.2	11.3	4.1	18.9
瞬时最大风速/(m/s)	23.4	19.5	22.0	24.4	15.8
风向	NNW	WNW	W	WNW	WSW
出现时间	17:14	17:05	17:08	17:31	17:59

## 2 大尺度环流背景与影响系统

### 2.1 大尺度环流背景

13日08时500 hPa等压面(图略)上,欧亚地区中高纬度为一槽一脊,环流经向度较大,低槽位于140°E附近,高压脊位于乌拉尔山到我国新疆地区,脊前多下滑槽东移南下影响我国大部地区。

### 2.2 影响系统

13日08时高空和14时地面综合分析图(图1,图见第33页)上,中低层在河套西北部有下滑槽,槽后有冷平流,有利于低槽发展。河套以东到山西东部也有一低槽,槽线相距较近,说明系统深厚。850 hPa等压面上,山西东部为低槽,槽前有一支8~10 m/s的西南风显著风速带,低层有暖湿气流向北输送,华北地区为暖脊,濮阳处于山西槽前显著风速带上,受12℃暖中心控制。陕西、山西为 $t-t_d \leq 5$ ℃的湿区,河北和河南大部为 $t-t_d \geq 15$ ℃的干区,山西东南部有露点锋存在。700 hPa等压面上,山西、河北中南部、河南北部为 $t-t_d \leq 6$ ℃的湿区,陕西中部为 $t-t_d > 14$ ℃的干区,与850 hPa的干湿区错位叠加,在山西中南部有露点锋存在,说明低层在水平和垂直方向上干湿分布极不均匀,大气极不稳定,易引发对流。500 hPa等压面上,华北地区为-23℃的冷中心,叠加在850 hPa 12℃暖中心之上。高层冷平流、低层暖平流导致温度垂直递减率很大,850 hPa与500 hPa的温度差在33℃以上,其中邢台站高达35℃,濮阳处在极不稳定区,易出现成片雷暴<sup>[6]</sup>。甘肃到河南西部有20 m/s以上的西北风中急流,甘肃省内有24 m/s以上的西北风中急流轴,有利于雷暴大风天气的发生发展<sup>[7]</sup>。200 hPa等压面上,陕西南部、河南南部到安徽西部有风速达80 m/s的偏西风急流核。该急流核与500 hPa 24 m/s的西北风急流交叉汇合于河南西部,濮阳处于急流汇合点的东北方约3个纬度处,同时位于200 hPa高空急流核出口区左

侧的辐散区。高空辐散、中低层辐合的有利形势,引起强烈的上升运动<sup>[1]</sup>,有利于上升气流和对流云的维持和加强<sup>[7]</sup>。

地面图上,蒙古低压南伸至我国湖北一带。在低压控制区中,中蒙边境到河套西北部和河北东部到山西南部分别有一条地面辐合线。随着低压的发展,辐合线加强并东移南压,南压过程中所形成的强烈辐合抬升是强风暴发生的动力触发机制<sup>[2]</sup>。

综合分析,在高空系统东移南压过程中,河套西北部的下滑槽与河套以东的低槽合并加强东移,槽前暖平流产生的辐合上升运动增加了大气的的不稳定性,增强了辐合上升运动。地面蒙古低压南下过程中低压槽发展,地面辐合线加强,增强了动力抬升作用,触发了13日下午的强对流天气。

## 3 层结分析

用濮阳站13日14时气温和露点温度订正郑州13日08时探空图(图2,图见第33页)。从图2可以看出,露点曲线与层结曲线呈现“上干冷、下暖湿”的不稳定特征。湿对流有效位能CAPE值由08时的61.6 J/kg增大到453 J/kg,而对流抑制有效位能CIN却由08时的481.6 J/kg减小到102 J/kg,发生强对流天气的潜势增大。 $\theta_{se(850-500)}$ 为0.4℃,说明存在湿对流不稳定,对流抬升指数LI为-2.4℃,有利于对流抬升。0~2 km的垂直风切变为6 m/s,0~6 km的垂直风切变为17.31 m/s,属于中等以上强度,有利于强对流风暴的组织发展<sup>[3]</sup>。抬升凝结高度在929 hPa,有利于对流产生。0℃层高度为2.864 km,-20℃层高度为5.534 km,高度偏低,这可能是由于4月气温低的缘故。850~500 hPa的温度垂直递减率为 $-0.84 \times 10^{-2}$ ℃/m,大于正常大气的温度垂直递减率,存在发生强对流天气的潜势。

本次过程各项物理量显示,最有利于冰雹发生的条件是0~2 km和0~6 km较大的垂直风切变和850~500 hPa较大的温度垂直递减率。

## 4 雷达回波特征

### 4.1 组合反射率因子和径向速度

分析4月13日濮阳雷达组合反射率因子变

化特征发现,在雷达探测范围内,12时之前濮阳上游无雷达回波;12时之后,由于气温升高,对流加强,加上太行山地形的抬升作用,在山西省南部(长治附近)到河南省西北部(林县、安阳县西部、鹤壁等地)不断有回波生成,回波在东移的过程中,面积增大、强度增强,迅速发展为对流单体。

由于500、700 hPa低槽靠近河南北部,槽前暖湿气流辐合上升,与地面辐合线的抬升作用相配合,在濮阳本地不断有新回波生成。16:59(图3,图见第34页)上游回波东移与内黄、濮阳市西部生成的回波合并,形成块状多单体回波,回波强度最大值为63 dBz,分别位于内黄南部和浚县东部。相应时刻组合反射率因子剖面图上,濮阳雷达测站西南方20 km(内黄南部)附近回波顶高为11 km, $\geq 50$  dBz的强回波伸展到8.5 km, $\geq 60$  dBz的强回波质心距离地面0.5~2 km,强回波区随高度向右倾斜,下方有弱回波区;在测站北方47 km的南乐附近 $\geq 60$  dBz的强回波距离地面0.5~1.0 km,强回波质心接近地面。同时次 $0.5^\circ$ 仰角速度图上,濮阳地区有超低空急流, $-24$  m/s的入流中心经过濮阳测站,此时位于濮阳市西部的濮阳县、南乐、清丰、濮阳市区已经出现8级以上的瞬时雷暴大风。

位于浚县东部的回波在向东北方向移动的过程中加强。17:17(图略)反射率因子最大中心强度增大到65 dBz,且强度63 dBz以上的强回波维持了5个体扫,此阶段应是雷暴云发展成熟时段,濮阳市区已经出现冰雹;对应剖面图上,因为冰雹已经落地, $\geq 50$  dBz的强回波伸展高度降到7 km以下, $\geq 60$  dBz的回波质心已经触及地面;同时次速度图上,随着回波向东南方向移动,在测站东南方向出现27 m/s的出流中心,它是由对流风暴中的下沉气流到达地面时产生的强烈辐散<sup>[4]</sup>,此时濮阳大部风力已达9级。

之后,回波向东南移动过程中得到发展。17:59(图4,图见第34页)濮阳县境内的对流单体中心强度加强为63 dBz并维持了5个体扫;同时次剖面图上,对流单体顶部又伸展到11 km, $\geq 50$  dBz的强回波伸展高度再次达到8 km以上, $\geq 55$  dBz的强回波中心高度在1~6 km;在 $0.5^\circ$ 、 $1.5^\circ$ 、 $2.4^\circ$ 仰

角的速度图上,17:23—18:36在濮阳市区、清丰县、濮阳县、范县、台前2 km以下多地出现速度径向辐合、低空急流及27 m/s的大风区。其中,18:06—18:12在 $2.4^\circ$ 仰角速度图显示,濮阳县庆祖镇附近有一17 m/s和17 m/s的速度对,入流和出流中心相距不足10 km,维持了2个体扫,表现为弱中气旋。速度图上,在濮阳县南部雷达自动识别有中气旋,说明对流单体已经发展成为超级单体。此对流单体于18:49移出濮阳。

以上雷达回波(第1时段回波)是由多个对流单体发展成的弓形回波,回波经过濮阳市之后,在不稳定的环境大气中,加之河套北部的低槽下滑有新的冷空气补充,触发了新生雷暴或者加强了已有雷暴<sup>[5]</sup>。第1时段雷达回波还没全部移出濮阳市,新的雷达回波(第2时段回波)在上游地区又开始发展。18:24,汤阴南部有对流云块生成发展东移,18:43形成弓形回波,中心强度达到58 dBz,位于内黄南部,回波前沿开始影响濮阳市西部。19:19(图略)回波中心强度增强到63 dBz,位于濮阳县境内,维持了三个体扫;对应时次组合反射率因子剖面图上,最大回波顶高达13 km以上, $\geq 50$  dBz的强回波伸展高度达到9 km, $\geq 60$  dBz的强回波质心高度分别在1~2 km和6~8 km,出现回波悬垂和弱回波区;同时次 $0.5^\circ$ 仰角速度图上,在濮阳县中南部庆祖有一24 m/s和24 m/s的速度对,表现为低层经向辐合,濮阳市区、范县也有弱的低层经向辐合,濮阳市区、濮阳县、范县出现了8~9级雷暴大风、局地冰雹。

19:31(图略)回波中心强度进一步增强到65 dBz,位于濮阳县中南部八公桥附近;对应时次剖面图上 $\geq 50$  dBz的回波伸展高度为8.5 km, $\geq 60$  dBz的强回波质心高度降低到0~1.5 km,触及地面;同时次速度图上在濮阳县中南部有低层经向辐合,此地出现9级大风和冰雹。之后此对流单体向东南方向移动并减弱,于20:08移出濮阳。

4月13日的强对流天气历经了4 h(16:00—20:00),过程中有2个时段雷达回波影响,濮阳市大部分地区出现了平均风力6~7级、阵风8~9级的雷暴大风和雷阵雨天气,濮阳县和濮阳市区的部分地区出现了直径2~3 cm的冰雹。

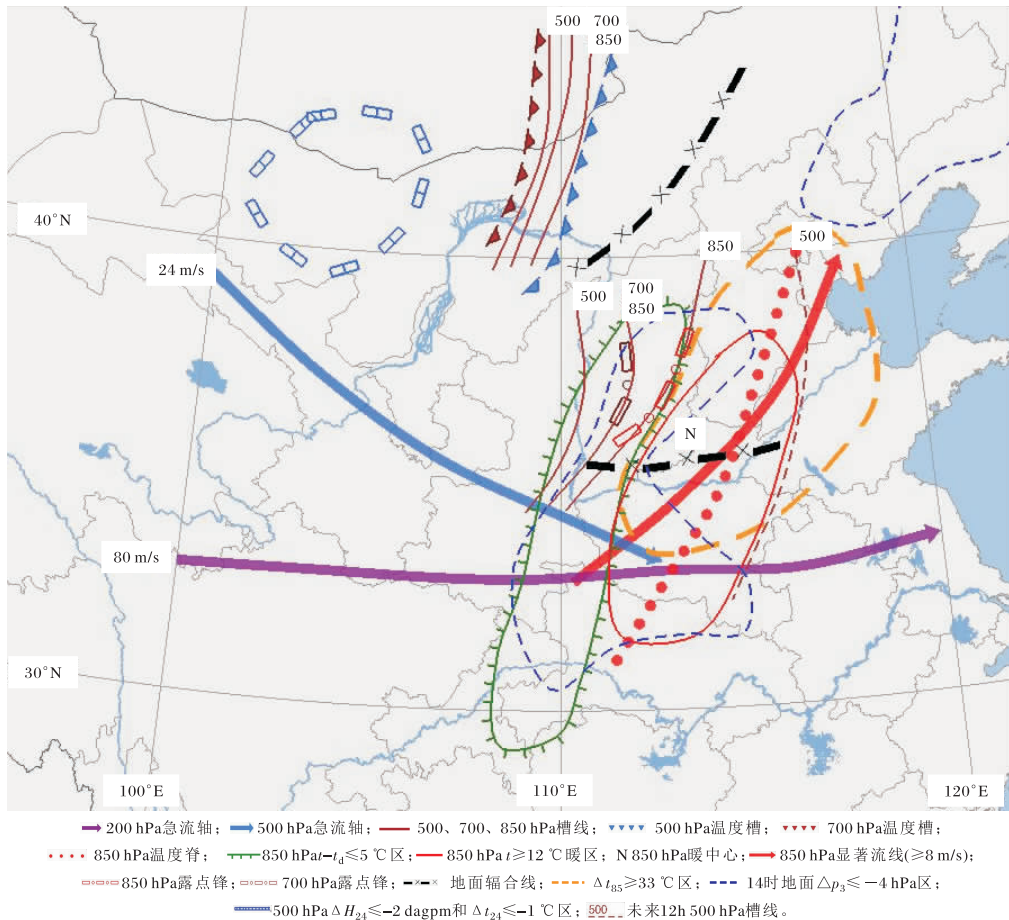


图1 2017-04-13T08 高空和14时地面综合分析(文见第31页2.2)

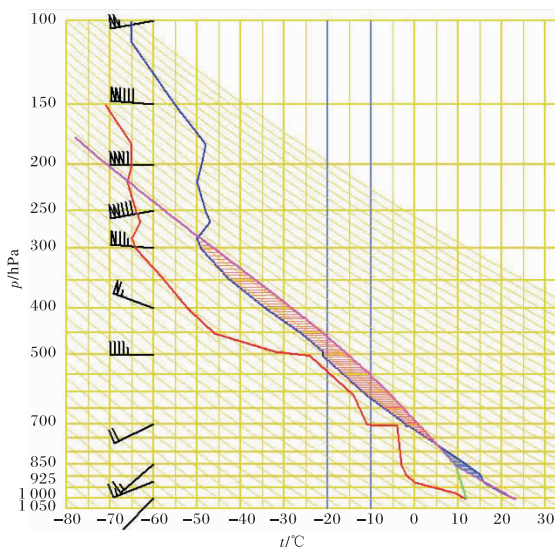


图2 2017-04-13T08 郑州探空图

(用濮阳市站14时气温和露点订正,文见第31页3)

#### 4.2 垂直积分液态含水量

利用郑州雷达资料,分析垂直积分液态含水

量 VIL 演变特征。第 1 时段雷达回波刚生成时, VIL 值不到  $30 \text{ kg/m}^2$ , 之后增大, 17:02 和 17:08 两个体扫雷达回波最强, 达到  $63 \text{ kg/m}^2$ ; 之后逐渐减弱, 17:54 减弱为  $33 \text{ kg/m}^2$ , 18:00—18:17 又加强为  $48 \text{ kg/m}^2$ , 18:22 开始减弱, 随后移出濮阳。第 2 时段回波刚生成时, VIL 值不足  $5 \text{ kg/m}^2$ , 之后增大, 19:31 和 19:37 两个体扫 VIL 为  $53 \text{ kg/m}^2$ ; 之后逐渐减弱, 19:48 VIL 减弱为  $38 \text{ kg/m}^2$ , 随后移出濮阳。降冰雹前后的 VIL 值在  $50 \text{ kg/m}^2$  以上, 最大值为  $63 \text{ kg/m}^2$ 。

#### 5 结论

(1) 本次强对流天气是在中低层低槽东移, 地面辐合线南压等大尺度系统影响背景下产生的; 冰雹发生在低空西南暖湿气流大风速带左侧边缘、高空  $80 \text{ m/s}$  偏西风急流核出口区左侧、地面辐合线附近。

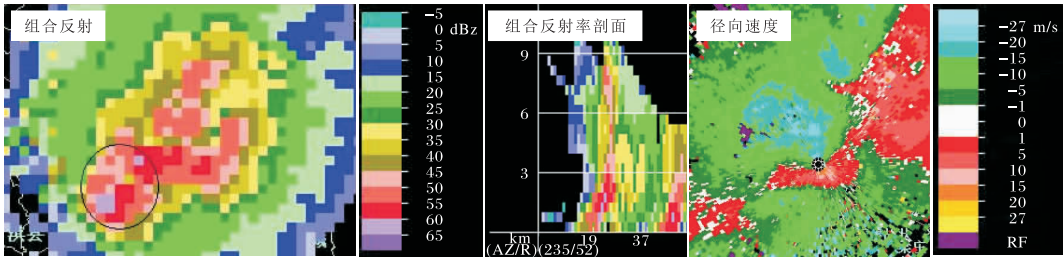


图3 2017-04-13T16:59 濮阳测站组合反射率因子、组合反射率因子剖面、径向速度  
(图中圆圈内为强回波中心,文见第32页4.1)

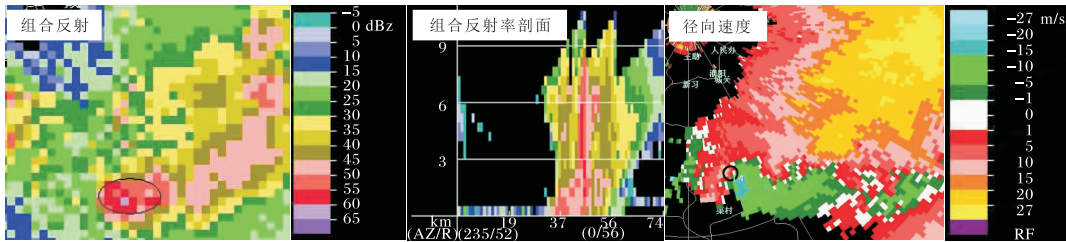


图4 2017-04-13T17:59 濮阳测站组合反射率因子、组合反射率因子剖面、径向速度  
(图中圆圈内为强回波中心,文见第32页4.1)

(2)强对流发生前,华北地区850 hPa为暖脊,500 hPa为冷槽,形成了有利于强对流天气发生的不稳定层结;850、700 hPa干湿区错位叠加及露点锋的存在,说明低层在水平和垂直方向上干湿分布极不均匀。

(3)郑州站订正探空显示,中等以上强度的垂直风切变,有利于强对流风暴的组织发展,深层的垂直风切变构成了冰雹产生的有利环境条件。

(4)多普勒雷达探测显示,组合反射率因子图上对流单体中心强度达65 dBZ,有超级单体生成;剖面图上有弱回波区、回波悬垂出现,最大回波顶高13 km以上;速度图上有低空和超低空急流、27 m/s的风速大值区、及低层径向辐合、弱中气旋等;垂直积分液态含水量达 $63 \text{ kg/m}^2$ 。

#### 参考文献:

[1] 李聪,姜有山,姜迪,等. 一次冰雹天气过程的多源资料观测分析[J]. 气象,2017,43(9):1084-1094.

- [2] 陈秋萍,陈齐川,冯晋勤,等. “2012.4.11”两个强降雹超级单体特征分析[J]. 气象,2015,41(1):25-33.
- [3] 杜丽娅,许庆娥. 2014-07-14 豫北局地冰雹机制分析[J]. 陕西气象,2015(5):21-27.
- [4] 牛淑贞,张宇星,吕林宜. 一次冷涡横槽型强对流天气过程分析[J]. 气象与环境科学,2013,36(2):1-8.
- [5] 席宝珠,俞小鼎,孙力,等. 我国阵风锋类型与产生机制分析及其主观识别方法[J]. 气象,2015,41(2):133-142.
- [6] 熊秋芬,章丽娜,王秀明. 强天气预报员培训手册[G]. 北京:中国气象局气象干部培训学院,2012:59-134.
- [7] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 天气学原理和方法[M]. 北京:气象出版社,2000:448.
- [8] 郑丽娜,刁秀广. 一次华北飚线的阵风锋天气过程分析[J]. 气象,2016,42(2):174-182.