

王春玲,崔力,许庆娥,等. 濮阳市一次大暴雨过程成因分析[J]. 陕西气象,2017(4):6-10.

文章编号:1006-4354(2017)04-0006-05

# 濮阳市一次大暴雨过程成因分析

王春玲,崔力,许庆娥,崔幸方,谢琼娜

(濮阳市气象局,河南濮阳 457000)

**摘要:**应用常规天气图资料、郑州站探空层结资料、FY-2E 红外云图和濮阳站降水实况等资料,对 2016 年 7 月 14—15 日发生在濮阳市的区域性暴雨、大暴雨天气过程进行综合分析。结果表明:(1)此次大暴雨过程是由 500 hPa 和 700 hPa 的低涡及其分裂东移的低槽、700 hPa 和 850 hPa 的切变线、地面辐合线及南下的冷空气共同影响造成的。(2)500 hPa 槽前西南气流与 584 dagpm 线外围的西南气流叠加加强了西南暖湿气流的输送,为降水提供了水汽来源;地面辐合线的存在加强了动力抬升作用。(3)涡度场和散度场同时表现出的低层辐合、高层辐散的配置,为暴雨的产生提供了有利的动力条件。(4)FY-2E 红外云图上,对流云团的持续影响,使降水较长时间维持,造成濮阳市出现区域性的暴雨、大暴雨天气。

**关键词:**大暴雨;低涡;低槽;切变线;深厚湿层;地面辐合线;红外云图

**中图分类号:**P458.121

**文献标识码:**A

暴雨是我国的主要灾害性天气之一,往往会造成严重的洪涝灾害,给人民的生命财产带来较大影响<sup>[1]</sup>,所以备受气象工作者关注。近年来,众多气象工作者从不同角度对暴雨进行了研究,并取得了大量成果<sup>[1-6]</sup>。因暴雨的形成受诸多因素的影响,其形成机制也有较大差异,因此暴雨的定点、定量预报仍是难题。利用常规天气图资料、郑州站探空层结资料、FY-2E 红外云图等资料,对濮阳市发生的一次大暴雨天气过程进行综合分析,以期为濮阳市的暴雨预报提供一些参考<sup>[7]</sup>。

## 1 天气概况

2016 年 7 月 14—15 日,濮阳市出现了一次区域性暴雨、大暴雨天气过程,过程降水量为 65.5~169.4 mm。主要降水量集中在 14 日白天到夜间,24 h 降水量达 61.1~166.7 mm,位于濮阳市西北部的南乐和清丰 2 个县 24 h 降水量均超过了 100 mm,达到大暴雨量级。尤其是南乐站,14 日白天(08—20 时)12 h 降水量达 115.2 mm,其中 12—13 时 1 小时降水量达

30.8 mm,13—14 时 1 小时降水量达 23.0 mm,且伴有 5 级左右的瞬时偏北风。各县站降水量见表 1。

表 1 2016 年 7 月 14—15 日濮阳市各站降水量

	mm				
日期	濮阳	南乐	清丰	范县	台前
14 日	31.9	115.5	52.1	13.3	6.5
15 日	52.2	53.9	57.4	53.8	59.0
合计	84.1	169.4	109.5	67.1	65.5

## 2 高空形势分析

### 2.1 500 hPa 环流背景

500 hPa 图上,14 日 08 时(图略),亚洲中纬度地区为两脊一槽型,蒙古国中部有一低涡,低涡中心经磴口到平凉一线有一低槽,濮阳处在槽前 584 dagpm 线外围宽广的西南气流中,南阳—郑州有 12 m/s 以上的急流轴,濮阳处于急流出口区的风速辐合区,588 dagpm 线位于长江南侧。14

收稿日期:2017-04-21

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计划项目(PQ201602)

日 20 时(图 1)低涡稍东移,低槽东移至低涡中心经东胜、西安到重庆一线,槽前西南气流与 584 dagpm 线外围的西南气流叠加使西南气流明显增大,12 m/s 以上的西南急流轴范围扩大至达川、南阳、郑州、济南到大连,濮阳位于急流轴上。郑州与济南之间存在明显的风速辐合,郑州站的风速由 16 m/s 增大到了 20 m/s,水汽通道顺畅,为暴雨的产生提供了充沛的水汽。河北中部存在一风向辐合线,有利于水汽在河北南部到河南北部一带辐合。588 dagpm 线仍位于长江南侧,较 08 时略有南压,副热带高压的稳定少动,减缓了河套低槽的移动,使华北地区的降水得以长时间维持。

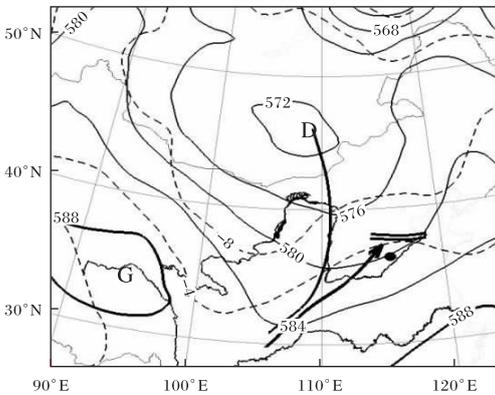


图 1 2016-07-14 20 时 500 hPa 环流形势  
 细实线为等高线,单位为 dagpm;虚线为等温线,单位为 $^{\circ}\text{C}$ ;  
 粗实线为槽线;双实线为切变线;箭头为西南急流轴;  
 圆点为濮阳市位置;下同

图 1 2016-07-14 20 时 500 hPa 环流形势

## 2.2 700 hPa 和 850 hPa 影响系统

700 hPa 天气图上,14 日 08 时(图略),与 500 hPa 低涡对应的蒙古国中部有一低涡,河套东侧有一低槽,山西北部—河北中部有一偏南风与东南风的暖切变,濮阳处在槽前和暖切变南侧的偏南饱和气流中,此形势配置既提供了水汽条件又提供了动力抬升条件。14 日 20 时(图 2),河套东侧的低槽东移与上述暖切变合并,在五台山、石家庄到泰山形成了一条西北—东南向(西北风与东南风之间)的切变线(濮阳处于此切变线附近),动力抬升加强,有利于对流天气的产生。15 日 08 时低槽东移出河南,濮阳降水趋于结束。

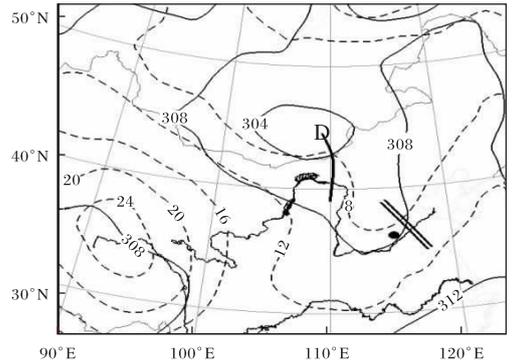


图 2 2016-07-14 20 时 700 hPa 环流形势

850 hPa 天气图上,14 日 08 时(图略)太原与邢台之间有西北风与偏东风的风向切变,济南与邢台之间有偏东风的风速切变,加强了河北南部到河南北部的动力抬升及水汽辐合。14 日 20 时(图略)在太原、安阳、开封到阜阳有一条东北风与东南风的切变线,濮阳位于切变线东北侧的东南饱和气流中,有利于强降水的产生。

## 3 地面形势分析

14 日 08 时(图略),西南地区东部—华北—东北为一宽广的高压带,河北境内的北部到南部有一条近似南北向的地面辐合线,濮阳处于高压带南侧、地面辐合线东侧的偏东气流中,有利于地面的辐合上升。14 日 20 时(图 3),随着我国西南地区暖槽槽向东北伸展,在河南南部、湖北、湖南西部出现了一闭合低压,低压倒槽外围影响到华北南部,增加了华北南部的斜压性。位于河北境内的地面辐合线东移到了山东省中部,濮阳位于辐合线西侧的偏北气流中,辐合线的存在加强了动力抬升作用。

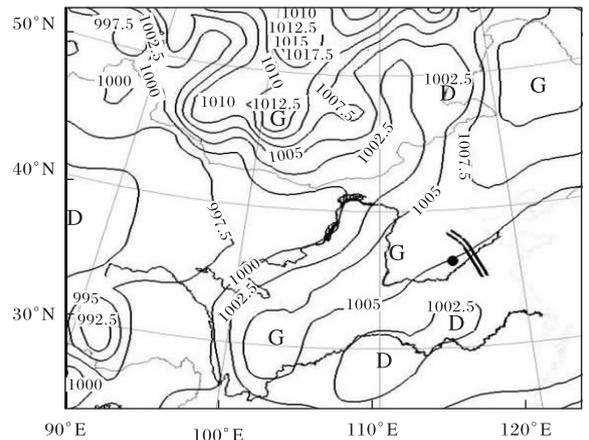


图 3 2016-07-14 20 时地面气压场

图 3 2016-07-14 20 时地面气压场

## 4 大气层结分析

选取郑州站探空资料进行层结分析。从14日08时温度对数压力图(见第9页图4a)上可以发现,强降水开始前,850 hPa以下为东北风,近地面层有冷空气抬升,有利于降水系统的形成与发展;低层(850 hPa)到中层(700 hPa),再到中高层(500 hPa),风向由东北风经东南风转为西南风,风向随高度顺转了 $180^\circ$ ,风速增大了 $10\text{ m/s}$ ,中低层存在明显的暖平流;500 hPa为 $16\text{ m/s}$ 的西南风,引导暖湿气流的输送,为降水提供了水汽来源;250 hPa及以上为大于 $20\text{ m/s}$ 的高空强风速带(西西北风),强辐散有利于低层辐合上升。从近地面到300 hPa大部分层结温度露点差 $t-t_d \leq 3^\circ\text{C}$ ,几乎接近饱和,高空湿层深厚;CAPE值为 $712.1\text{ J/kg}$ ,湿对流有效位能不太大,不利于冰雹、雷雨大风等强对流发生,但有利于强降水发生,对流有效位能的正面积形态呈均匀细长状,此特点有利于高效率降水的产生<sup>[2]</sup>;K指数为 $37^\circ\text{C}$ ,说明大气层结为强热力不稳定;0~6 km的垂直风切变接近 $10\text{ m/s}$ ,达到中等强度,利于降水系统的发展和维持。由于700 hPa在河北中南部有东西向切变,850 hPa在河北西南部有南北向切变,700 hPa以下为偏东风或东北风,温度对数压力图上615~685 hPa有一浅薄干层,说明有干冷空气侵入,大气层结存在发生强对流的潜势,对濮阳市出现短时强降水具有指示作用。

14日20时强降水发生期间,从郑州站14日20时温度对数压力图上(见第9页图4b)可以看出,由于受500 hPa河套低槽东移的影响,500 hPa风速从08时的 $16\text{ m/s}$ 增大到 $20\text{ m/s}$ ,中低层暖湿气流输送增强,水汽供应充足,气层接近饱和;0~6 km垂直风切变加强到 $12\text{ m/s}$ 。随着强降水的发生,不稳定能量得到了一定的释放,CAPE值减小到 $64.9\text{ J/kg}$ ,但K指数仍高达 $35^\circ\text{C}$ 。虽然降水已经持续了12 h(濮阳西北部的南乐站14日08—20时降水量已达 $115.2\text{ mm}$ ),但因0~6 km的垂直风切变仍较大,深厚的饱和湿层仍维持,水汽输送仍较强,且K值较大,说明强降水仍将持续。14日20时—15日08时12 h濮阳又出现了 $50\text{ mm}$ 以上的区域性暴雨。

## 5 物理量分析

### 5.1 水汽条件

5.1.1 水汽通量和水汽通量散度 从环流背景和层结分析可看出,本次暴雨过程的水汽主要来自于西太平洋副热带高压外围的西南急流,超强的西南风将南方的暖湿空气源源不断的向暴雨区上空输送,形成对流层深厚的湿层<sup>[1]</sup>。而925 hPa的水汽通量和水汽通量散度图(图略),反映了对流层低层的水汽输送及水汽辐合特征。14日20时,925 hPa水汽通量图上,从西南、华南到华北为宽广的水汽通量大值区,濮阳水汽通量值高达 $8.5\text{ g}/(\text{cm}\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$ ;925 hPa水汽通量散度图上,从西南地区东部到华北为宽广的强水汽辐合区,濮阳水汽通量散度值为 $-12\times 10^{-7}\text{ g}/(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$ 。分析表明,华北地区南部不仅有大量水汽输送而且还有水汽的强烈辐合,为濮阳地区暴雨的产生和维持提供了充足的水汽供应。

5.1.2 比湿场 从14日08时925 hPa的比湿场(图略)可以看出,从我国西南经华中到华北南部,为宽广的湿舌,湿舌中心区位于濮阳上游,濮阳比湿高达 $16\text{ g/kg}$ ,为强降水的产生提供了有利的水汽环境场。

### 5.2 动力条件

5.2.1 散度场 14日20时925 hPa的水平散度图上(图略),有一从我国西南地区东部伸向华北的宽广水平辐合区,河南东北部有 $-6\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ 的辐合中心,濮阳处在辐合中心附近,散度值为 $4\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ ,表明濮阳低层辐合较强;500 hPa水平散度图上(图略),河南西部有 $6\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ 的辐散中心,濮阳散度值为 $1\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ ,表明濮阳高层有辐散存在。这种低层辐合、高层辐散的散度分布,增大了大气的“抽吸作用”<sup>[4]</sup>,有利于深对流的发展<sup>[5]</sup>,从而使降水增强。

5.2.2 涡度场 14日20时700 hPa图上(图略),河北南部有中心值为 $25\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ 的正涡度中心,濮阳涡度值为 $16\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ ,表明濮阳低层有强烈的辐合运动,且有正涡度自西北伸向濮阳方向,濮阳低层的辐合增强,有利于低层低值系统的发展;300 hPa图上(图略),河南西部有 $-60\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ 的负涡度中心,濮阳涡度值为 $-47\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ ,表明濮

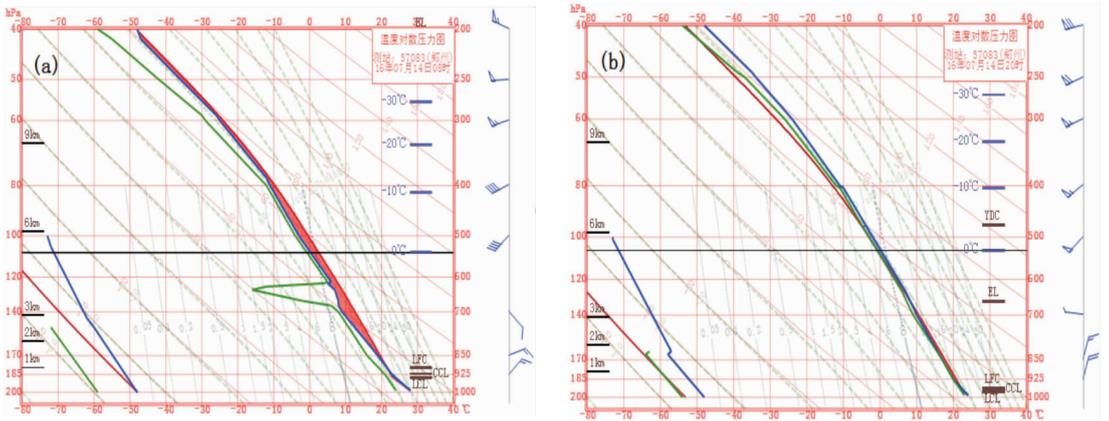


图4 2016-07-14 郑州站温度对数压力图(a 08时;b 20时)

阳高层有强烈的辐散运动,且有负涡度自西南向濮阳方向传播,濮阳高层的辐散也在增强。低层辐合与高层辐散同时存在,导致上升运动加强,暴雨落在上升运动中心附近区域<sup>[6]</sup>。

散度场和涡度场同时表现出的这种低层辐合、高层辐散的配置,为暴雨的产生提供了有利的动力条件。

## 6 卫星云图演变特征

分析 FY-2E 红外云图的演变发现,此次暴雨过程中,伴随着 700 hPa 低槽、切变线的东移发展,卫星云图上有中小尺度对流云团生成、发展<sup>[6]</sup>。7月14日09:15 红外云图(图5)上可以看出,蒙古国中部经内蒙古东部、华北到西南地区东部有一条东北—西南向的混合型云带,与08时

700 hPa 低槽、低槽位置较为吻合,属于高空低涡、低槽云系,其前沿已经开始影响濮阳。随着高空低槽的东移南压,槽前西南气流与 584 dagpm 线外围的西南气流叠加,水汽输送加强,又由于地面辐射加热的增强,山西境内不断有对流云块生成并东移影响华北南部<sup>[8]</sup>。14日15:15(图5)在河北南部到河南北部有分散性的对流云团缓慢东移发展,并且上游不断有对流云团生成、发展、东移、合并影响濮阳,位于濮阳西北部的南乐、清丰一带出现了短时强降水。槽前对流云团较长时间持续影响,造成了濮阳市区域性暴雨、大暴雨天气。随着高空槽云系的东移,15日06:15(图略)对流云团东移至山东境内,濮阳市降水减弱,15日10时左右自西向东降水逐渐结束。

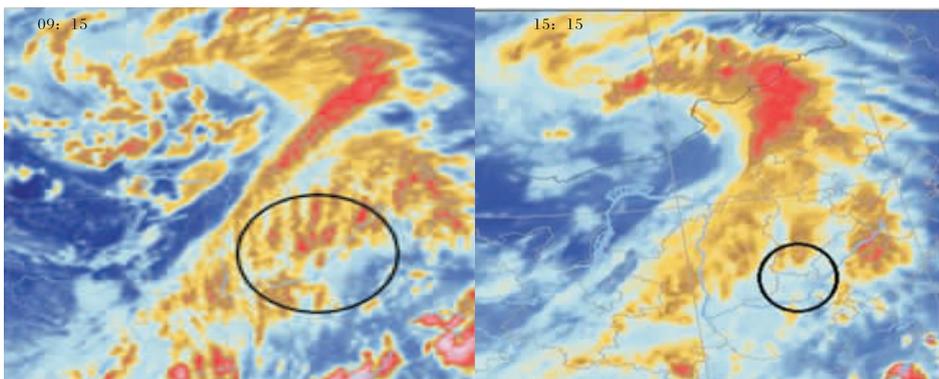


图5 2016-07-14 FY-2E 红外云图(圆圈为华北南部)

## 7 小结

(1)此次暴雨过程是由 500 hPa 和 700 hPa 的低涡及其分裂的低槽、700 hPa 和 850 hPa 的切变线、地面辐合线及南下的冷空气共同影响造

成的。

(2)500 hPa 槽前西南气流与 584 dagpm 线外围的西南气流叠加加强了西南暖湿气流的输送,为暴雨的产生提供了充沛的水汽供应;地面辐

马晓华,黄少妮,张科翔,等. 关中地区一次霾天气过程分析[J]. 陕西气象,2017(4):10-13.

文章编号:1006-4354(2017)04-0010-04

# 关中地区一次霾天气过程分析

马晓华,黄少妮,张科翔,徐娟娟

(陕西省气象台,西安 710014)

**摘要:**利用常规地面观测资料及气象探空资料,分析了2016年11月3—5日关中地区霾天气过程,结果表明:高空500 hPa锋区偏北,中纬度无明显冷空气活动,850 hPa暖空气控制,地面弱气压场是导致关中地区霾出现的主要天气背景;近地层为正涡度平流,而925~850 hPa为负涡度平流是大范围霾持续的动力结构;霾出现前有暖干空气向关中地区输送,而逆温层持续存在,是霾天气持续的重要原因;气压场稳定,风速偏小,大气混合层高度持续低于650 m,致使大气水平和垂直交换能力弱,引发了此次霾天气。霾出现前后气象要素变化特征明显,可为霾的预报提供重要参考。

**关键词:**霾天气;环流形势;涡度平流;总温度平流;逆温层;混合层高度

**中图分类号:**P458.11

**文献标识码:**A

随着我国城市化和工业化进程的加快,霾天气越来越多,伴随霾而来的重度空气污染造成能见度下降,带来交通安全隐患,对生态建设、社会经济发展、人们的生活和身体健康产生较大危害。霾及霾

的预报预警越来越受到政府和公众的高度关注。气象及环保专家对霾的成因也有较多分析<sup>[1-4]</sup>,认为霾的形成主要受污染排放和大气对污染物的扩散稀释能力影响。关中盆地位于陕西省中部,南依

**收稿日期:**2017-01-10

**作者简介:**马晓华(1986—),女,陕西宝鸡人,硕士,工程师,主要从事天气预报理论及方法研究。

**基金项目:**陕西省气象局预报员专项(2016Y-3)“关中盆地持续性重污染天气过程气象特征分析”

合线的存在加强了动力抬升作用。

(3) 涡度场和散度场同时表现出的低层辐合、高层辐散的配置,为暴雨的产生提供了有利的动力条件。

(4) FY-2E 红外云图上,对流云团的持续影响,使降水较长时间维持,造成了濮阳市的区域性暴雨、大暴雨天气。

## 参考文献:

- [1] 周雪松,阎丽凤,孙兴池. “2007.8.17”山东大暴雨的数值模拟和诊断分析[J]. 气象,2012,38(8):960-970.
- [2] 马月枝,张霞. 新乡“7.9”特大暴雨过程中尺度对流特征分析[C]//濮阳市气象局. 第八届太行山区域

气象防灾减灾协作组织预报技术交流论文集. 濮阳:濮阳市气象局,2017:22-32.

- [3] 胡容,史小康,李耀东. 重庆一次暴雨过程的诊断分析[J]. 气象与环境科学,2016,39(1):66-73.
- [4] 周祖刚,张高英,姜勇强,等. 一次梅雨暴雨过程的数值模拟[J]. 气象与环境科学,2011,34(4):1-6.
- [5] 牛乐田,刘帆,李春娥,等. 陕西中西部一次区域性暴雨天气诊断分析[J]. 陕西气象,2015(5):33-37.
- [6] 黄昌兴,毛连海,张方伟,等. 江西一次暴雨过程的诊断分析[J]. 气象与环境科学,2014,37(4):80-85.
- [7] 王春玲,崔力,杜丽娅,等. 濮阳市一次雷雨大风天气过程分析[J]. 陕西气象,2016(6):22-26.
- [8] 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.