

文章编号: 1006-4354 (2008) 02-0034-04

# 2006-06-03 突发性暴雨预报讨论及成因

李祥林

(咸阳市气象局, 陕西咸阳 712000)

**摘要:** 对 2006-06-03 西安、咸阳突发性暴雨天气进行预报讨论及成因分析, 结果表明: ①预报失误的原因主要是环流形势非常复杂, 天气系统演变规律难以把握, 对造成影响的中小尺度系统很难捕捉; 高原东部低涡、切变突生机理认识不清; 冷空气强度及入侵路径不明晰。②这次突发性暴雨天气是由贝湖冷涡东移、高原上多短波槽活动, 东高西低形势建立, 提供了大降水发生的背景条件; 高空冷槽、上升运动、低涡辐合区汇合并叠加在西安、咸阳, 为该地中小尺度系统生成和发展提供有利条件; 突发性暴雨产生在深厚的水汽层结、水汽辐合及强烈的持续上升运动区, 在高层辐散、低层辐合的形成区, 对流发展, 强烈的低涡辐合触发不稳定能量释放, 产生突发性暴雨; 低涡辐合形成与暴雨过程同步, 辐合中心出现突发性暴雨。低涡辐合是造成突发性暴雨的直接影响系统。

**关键词:** 突发性暴雨; 预报讨论; 成因分析

**中图分类号:** P457.9

**文献标识码:** B

2006年6月2—4日陕西省出现明显降水天气, 雨量分布不均, 2日08时—3日08时陕西南部和关中中西部出现了洛川、铜川、麟游、咸阳、西安等10站区域性暴雨过程, 主要强降水突发在3日凌晨, 仅04—05时西安市区降水量就达28.8 mm, 出现严重内涝, 部分地段积水深度40~60 cm, 交通受到影响。同时段咸阳市区降水量达到35.3 mm, 短时间内出现如此高强度降水在咸阳历史上非常罕见, 此次强降水使咸阳市区内多处立交桥、低洼地带积水严重, 导致交通瘫痪。市

区新兴路立交桥因积水过快使一行驶车辆受阻熄火, 人员撤离不及, 造成1人溺水死亡, 1人受伤。本次突发性暴雨过程还对正处于“三夏”麦收的关中地区造成较大影响, 分析研究该暴雨发生机理十分必要。

## 1 西安、咸阳突发性暴雨预报若干问题讨论

### 1.1 预报难点讨论

本次暴雨出现在初夏, 时间之早、暴雨位置之偏北、夜间短时间如此高之强度、环流形势之复杂非常罕见。由于降水时间短、雨强大, 受观

**收稿日期:** 2007-10-23

**作者简介:** 李祥林 (1964-), 男, 陕西蒲城人, 高级工程师, 从事天气预报及研究。

的早期指标。

3.5 具有形成大冰雹的风暴, VIL 值在初期会出现两次跃增。形成大冰雹的风暴 VIL 值不能过大, 通过 VIL 值的变化可以预测大冰雹形成可能性的大小。VIL 的量值与气团性质、季节、地理

位置有关。

### 参考文献:

- [1] 俞小鼎, 姚秀萍, 熊廷南, 等. 多普勒天气雷达原理与业务应用 [M]. 北京: 气象出版社, 2006: 168-169.

测网时间、空间尺度所限,对造成影响的中小尺度系统很难捕捉,加上降水前兆不明显,因此预报难度非常大。

### 1.2 预报失误讨论

陕西典型的大降水应具备:500 hPa、700 hPa 整层一致的偏南气流,200 hPa、850 hPa 高低空急流相互配合,中低层配合不错的深槽,地面有明显的辐合<sup>[1]</sup>。本次突发性暴雨无明显上述特征。6月2日下午发布24 h 预报前,所能得到的仅有2日08时高空资料,08时、11时、14时地面资料。2日08时500 hPa 图上,环流形势比较复杂,从90°E 到东亚环流为两槽两脊型,贝湖冷涡主体位于110°E、50°N 附近,日本北部有一冷涡,其槽线一直伸展到我国东部沿海,在辽东半岛附近形成一低环流;在日本冷涡的底部为副高,而在贝湖冷涡与日本冷涡间为一高压脊,该高压脊呈东北—西南走向,由东北、华北一直南伸到中南半岛与副高联成一体;河套中部有一浅槽,贝湖冷涡中有一槽线,沿贝湖—蒙古东部—宁夏—河西—格尔木,槽线伸展较长,贝湖冷涡对于陕西来说,明显偏东。700 hPa 图上,延安—平凉—武都—成都与石家庄—郑州—西安—汉中—重庆之间有一切变线,西南风较弱,切变线后部宁夏为反气旋环流,切变线位置已明显偏南。地面图上,冷锋位于内蒙东部—河套顶部,冷锋位置偏北,高低空配置错位。按照预报经验,省台及地市台考虑受冷涡底部下滑冷空气及低槽影响有一次阵雨或雷阵雨天气过程。实况与预报差距较大。导致预报失误的原因是20时500 hPa 西宁突然出现一个低涡<sup>[2]</sup>,700 hPa 兰州—合作—平凉形成了低涡辐合区,低涡、辐合区东移过程中导致突发性暴雨发生。

### 1.3 低涡、辐合区可预报性讨论

大环流形势基本稳定,贝湖冷涡拖带较长冷槽缓慢东移,冷涡中60°N 以北还有一个横槽,该横槽补充冷空气南下,进入河西,冷槽西段近乎东西向,南北分别受到西北气流和偏南气流夹击。据陕西省、市气象台预报经验,此时该段冷槽在东移下高原的过程中,由于动力作用,应有个加强过程,但在何处加强,难以把握。针对可能影响的区域分析,2日08时沿35.4°N 垂直速度剖

面图分析,104°E 为速度零线,100°E~103°E 为上升运动区,而在105°E~109°E 为强烈的下沉运动区;2日20时,上升运动剧增,该地的强烈上升运动对应低涡、切变生成,只要抓住低涡、切变生成区,预报准确率将大大提高。高原东部的上升运动区对低涡、切变生成有一定指示性,是否具有普遍性及存在更深层次对应关系,还有待进一步研究。

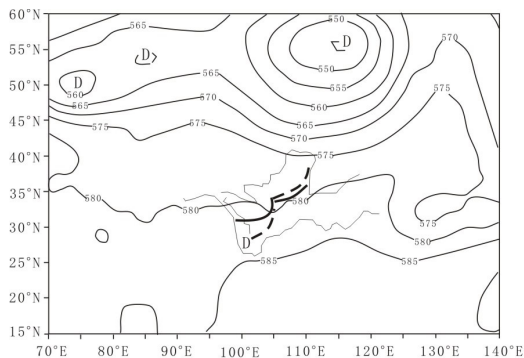
### 1.4 启示

高原东侧临近区域突生低涡、切变对陕西影响极大,应加强该领域研究;当环流异常复杂时,应抓住主要影响系统,仔细分析环流演变;对较长槽线应分段研究;对主要影响区域重点关注;判断冷空气强度及入侵路径很重要,对本次暴雨过程很关键,如2日08时700 hPa 切变线已位于关中—陕西南部,到20时陕北—陇南又有一切变线,分析发现,08时贝湖冷涡切变南伸至河套顶部,该切变南段南压过程中由于弱冷空气注入加强,20时移到陕北—陇南,关中—陕西南部切变线已减弱消失。这就不难解释20时由于横亘于陕西中部的秦岭山脉对于南下弱冷空气的阻挡作用,陕北—陇东出现一弱冷高压,秦岭北麓的关中位于冷高压底部偏东气流之中。

## 2 西安、咸阳突发性暴雨成因分析

### 2.1 环流形势及影响系统

2.1.1 大尺度系统分析 大环流形势基本稳定,高纬40°N 以北从5月29日贝湖冷涡形成,稳定少动,极地不断有冷空气补充;40°N 以南高原到海上环流为两槽两脊,孟加拉湾为一槽区,副高分成太平洋及中南半岛两部分。500 hPa 图上贝湖冷涡从6月2日08时开始东移,在我国东部地区盘踞数日的低槽发展成低涡,东移出海,河套形成东高西低形势,高空锋区位于40°N 附近,贝湖冷涡底部分裂出一股冷空气南压,低槽位于银川—西宁—都兰—格尔木,槽尾部柴达木出现一个低环流,20时槽移到河套中部、低涡东移到西宁附近;相应700 hPa 图上20时兰州—合作—平凉间形成低涡辐合区(图1);冷空气和低涡共同作用,在东移过程中造成西安、咸阳为代表的关中突发性暴雨发生。



粗实线为 500 hPa 槽线；粗虚线为 700 hPa 切变线

图 1 2006-06-02T20 500 hPa 高空图 (单位: dagpm)

2.1.2 中小尺度系统 对全省自动站定时风场资料连续追踪发现,从 6 月 2 日 22 时开始,陕西南部、关中东部、商洛北部、西安东南部、咸阳东北部形成一个松散的反气旋环流,即洛川—宜君—韩城—潼关—洛南—蓝田—长安—咸阳—淳化—耀县—黄陵一线,环流维持到 3 日 14 时,长达 16 h,水平尺度约 200 km,是一个中尺度系统。反气旋环流南侧秦岭山区、西侧关中西部不断有较小尺度的气旋和切变线生、消,西安、咸阳位于环流西南边缘偏东气流中,受秦岭山脉阻挡,极易耦合出气旋环流。分析还发现,6 月 3 日 04—05 时,关中东部反气旋环流环仅表现为明显的偏东气流,此时整个关中地区形成以西安、咸阳为中心的辐合区(图 2),辐合中心维持 2 h,水平尺度 30~40 km,是小尺度系统。同时段西安多普勒雷达速度图上,证实了该系统的存在,零速度线

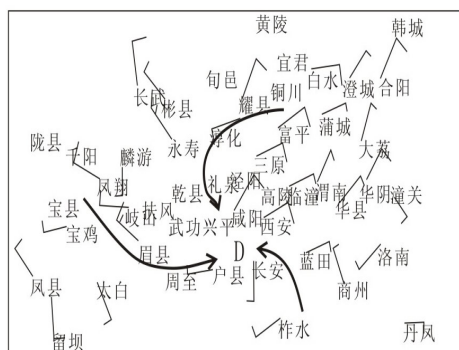


图 2 2006-06-03T05 陕西中部  
自动气象站定时阵风风场

呈横向“S”型,低层为东南风,高层为西北风,近底层有较强的风速中心区域。低层辐合,高层辐散,风随高度旋转,而且,随着底层辐合不断增强,“S”型弯曲逐渐最大,存在较大的径向速度辐合中心<sup>[3]</sup>。西安、咸阳出现突发性暴雨天气。

## 2.2 基本物理场特征

2.2.1 水汽条件 6 月 2 日 08 时 1 000~400 hPa 形成水汽通量大值区,925 hPa 水汽通量西安 6.2 g/(cm·hPa·s),咸阳 5.9 g/(cm·hPa·s);6 月 3 日 20 时水汽通量值继续增加,西安、咸阳 925~400 hPa 值 $>3.0$  g/(cm·hPa·s)。水汽通量散度场看,6 月 2 日 08 时 700~400 hPa 形成水汽通量散度辐合区,其中 700 hPa 水汽通量散度西安 $-4.4 \times 10^{-7}$  g/(cm<sup>2</sup>·hPa·s),咸阳 $-3.2 \times 10^{-7}$  g/(cm<sup>2</sup>·hPa·s);20 时水汽通量散度辐合增强,扩散到 925~700 hPa,其中 850 hPa 水汽通量散度西安 $-8.5 \times 10^{-7}$  g/(cm<sup>2</sup>·hPa·s),咸阳 $-8.6 \times 10^{-7}$  g/(cm<sup>2</sup>·hPa·s)。可见,水汽层结深厚,低层水汽通量急剧增加的同时伴随水汽辐合增强。

2.2.2 动力条件 6 月 2 日 08 时对流层低层 1 000~850 hPa 正涡度发展, $>4.0 \times 10^{-5}$  s<sup>-1</sup>,925 hPa 形成正涡度中心即西安 $15.3 \times 10^{-5}$  s<sup>-1</sup>,咸阳 $15.1 \times 10^{-5}$  s<sup>-1</sup>;对流层高层 400~100 hPa 负涡度强烈发展, $<-22.0 \times 10^{-5}$  s<sup>-1</sup>,在 200 hPa 形成负涡度中心,其中西安 $-38.8 \times 10^{-5}$  s<sup>-1</sup>,咸阳 $-39.9 \times 10^{-5}$  s<sup>-1</sup>。20 时对流层低层正涡度扩大、发展, $>3.0 \times 10^{-5}$  s<sup>-1</sup>,正涡度中心位于 700 hPa,西安 $10.5 \times 10^{-5}$  s<sup>-1</sup>,咸阳 $10.4 \times 10^{-5}$  s<sup>-1</sup>;对流层高层 300~100 hPa 维持负涡度,在 200 hPa 形成负涡度中心, $<-20.0 \times 10^{-5}$  s<sup>-1</sup>,其中西安 $-28.0 \times 10^{-5}$  s<sup>-1</sup>,咸阳 $-27.5 \times 10^{-5}$  s<sup>-1</sup>。

散度场上 6 月 2 日 08 时 700~400 hPa 辐合发展,中心在 700 hPa,西安 $-4.5 \times 10^{-5}$  s<sup>-1</sup>、咸阳 $-2.8 \times 10^{-5}$  s<sup>-1</sup>;300~100 hPa 辐散发展。20 时辐散区下移中心到对流层低层 1000~700 hPa,辐合进一步加强, $<-2.0 \times 10^{-5}$  s<sup>-1</sup>,中心在 700 hPa,西安 $-8.2 \times 10^{-5}$  s<sup>-1</sup>,咸阳 $-7.8 \times 10^{-5}$  s<sup>-1</sup>;500~100 hPa 辐散增强, $>2.0 \times 10^{-5}$

$s^{-1}$ , 中心在 200 hPa, 西安  $5.7 \times 10^{-5} s^{-1}$ , 咸阳  $4.9 \times 10^{-5} s^{-1}$ 。

从涡度场和散度场的配置看, 对流层低层正涡度辐合发展, 配合对流层高层负涡度辐散发展, 形成有利于强降水发生的动力机制。

2.2.3 垂直运动场 6月2日08时500~200 hPa 垂直运动发展,  $< -2.2 \times 10^{-3} hPa/s$ , 中心在 400 hPa, 西安  $-7.7 \times 10^{-3} hPa/s$ , 咸阳  $-6.7 \times 10^{-3} hPa/s$ ; 20时, 垂直上升运动进一步增强, 扩大到 925~200 hPa, 其中 700~400 hPa  $< -6.0 \times 10^{-3} hPa/s$ , 中心在 500 hPa, 西安  $-13.5 \times 10^{-3} hPa/s$ , 咸阳  $-12.8 \times 10^{-3} hPa/s$  (图 3)。对流层形成较强的垂直上升运动, 有利于将低层的能量和水汽源源不断地输送到高层, 有利于强降水发生。

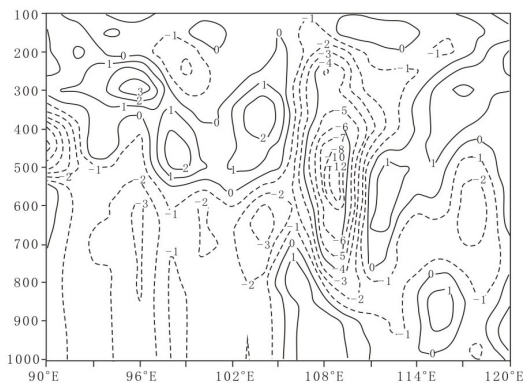


图 3 2006-06-02T20 沿  $34.5^{\circ}N$  垂直速度剖面图  
(单位:  $10^{-3} hPa/s$ )

2.2.4 能量场 925~700 hPa 的  $\theta_{se}$  分布表明: 2日08时大值区从四川过河套向华北伸展, 20时继续增强, 西安、咸阳位于  $\theta_{se}$  密集区, 即能量锋区。2日08时西安、咸阳 925~100 hPa  $\theta_{se} > 60^{\circ}C$ , 20时, 1000~100 hPa  $\theta_{se} > 60^{\circ}C$ , 其中 400~100 hPa  $\theta_{se} > 70^{\circ}C$ 。西安、咸阳具有较高能量, 位于能量锋区高能一侧。

K 指数图上, 2日08时大值区从四川过河套

向华北伸展, 而两侧为 2 个小值区, 其中西安、咸阳为  $28 \sim 32^{\circ}C$ ; 20时 K 指数增至  $32 \sim 36^{\circ}C$ , 位于河套西北侧呈西北—东南向的小值区明显南压至河套中部呈近似东—西向, 且等值线更加密集, 说明具有高不稳定能量。

温度平流垂直剖面上也发现, 暴雨区上空 500 hPa 以上和 700 hPa 以下为冷平流, 700~500 hPa 为暖平流, 使对流不稳定度增加。

临近暴雨前, 西安、咸阳位于能量锋区高能一侧, 具有高的不稳定能量, 且对流不稳定度增加, 在高纬冷空气南下突然冲击下, 触发能量锋区附近高能爆发释放, 产生突发性暴雨天气。

### 3 结论

3.1 预报失误的原因主要是环流形势非常复杂, 天气系统演变规律难以把握, 对其造成影响的中小尺度系统很难捕捉; 高原东部低涡、切变突生机理认识不清; 冷空气强度及入侵路径不明晰。

3.2 贝湖冷涡东移、高原上多短波槽活动, 东高西低形势建立, 提供大暴雨发生的环境背景条件; 高空冷槽、上升运动、低涡辐合区汇合、叠加在西安、咸阳, 为中小尺度系统的生成和发展提供有利的条件。

3.3 突发性暴雨产生在深厚的水汽层结、水汽辐合及强烈的持续上升运动区, 在高层辐散、低层辐合区, 对流发展, 强烈的低涡辐合触发不稳定能量释放, 产生突发性暴雨。

3.4 低涡辐合形成与暴雨过程同步, 辐合中心出现突发性暴雨。低涡辐合是造成突发性暴雨的直接影响系统。

### 参考文献:

- [1] 杜继稳. 陕西省短期天气预报技术手册 [M]. 北京: 气象出版社, 2007: 47-51, 77-80.
- [2] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文. 天气学原理和方法 [M]. 北京: 气象出版社, 2000: 343-344.
- [3] 中国气象局科教司. 省地气象台短期预报岗位培训教材 [M]. 北京: 气象出版社, 1998: 202-220.