

文章编号: 1006-4354 (2007) 03-0006-04

# 结构分析法在突发区域性暴雨预报中的应用

李明娟<sup>1,2</sup>

(1. 陕西省气象台, 西安 710014; 2. 兰州大学, 兰州 730000)

**摘要:** 用结构分析方法分析了 2006 年 6 月 3 日西安突发性暴雨探空信息的大气垂直结构特征。结果表明: 暴雨发生前和暴雨过程中垂直探空信息具有独特的结构特征, 说明突发性的核心问题在于结构特征的转折性; 大气的超低温、滚流方向等均是大气结构转折变化的先兆信息。揭示了突发灾害天气可预测性, 为区域性暴雨的预测提供了一种新方法。

**关键词:** 突发性; 区域性; 暴雨; 结构;  $V-3\theta$  图

**中图分类号:** P456.9

**文献标识码:** A

暴雨, 尤其是突发区域性暴雨一直是传统天气图方法、数值预报所未解决的问题。欧阳首承教授提出物质演化的溃变理论和结构预测<sup>[1-2]</sup>以来, 经有关台站的试用, 取得了较好的效果<sup>[3-4]</sup>。2006 年 6 月 2—3 日, 陕西中部出现了一次区域性暴雨天气过程, 15 个县市降水量超过 50 mm, 最大降水量为 83.6 mm, 降水时段集中, 6 h 降水量超过 30 mm 的有 6 站, 单站 1 h 降水量达到 35.5 mm。降水落区以西安为南界向北呈带状分布, 中心位于铜川。此时正是陕西三夏麦收的关键时刻, 降水落区恰恰在小麦的主产区, 猝不及防的降水给小麦的收晒造成了很大影响, 而且这次暴雨历时短、强度大, 对城市的排洪措施形成巨大威胁。根据高原东北侧突发性暴雨的定义<sup>[5]</sup>, 此次过程是一次典型的突发区域性暴雨过程。在 6 月上旬产生这样明显的突发区域性暴雨天气在陕西是比较少见的, 加之暴雨发生前没有明显的征兆, 且因突发性强, 预报难度较大。

本文应用溃变理论—结构分析法, 对此次降水过程进行结构分析, 试图揭示陕西省突发性暴雨发生前的结构特征, 从而体现预测意义并证实文献 [6] 的可行性。

## 1 溃变理论—结构分析法

### 1.1 溃变原理

溃变理论应用结构分析方法指出确定性是物

质结构变化问题, 而不是数量形式问题, “结构性”比“数量性”更具物质性质的完备性。溃变原理尽量保留了气象观测中非规则的结构信息, 它根据演化的转折性和流体的涡旋转换在天气预测中采用了图像分析方法, 而  $V-3\theta$  图是它的具体应用形式。这种方法的核心在于充分利用涡旋演化中的非均匀或不连续的直接观测的结构信息和旋转方向的变化来预测天气演化的转折性变化, 即从旋流转换直接研究演化科学中的非初值转换。并且运用了反序构, 提前了预见期。

### 1.2 $V-3\theta$ 图

旋矢性是涡旋结构旋转方向的首要特征, 是流体演化转折性变化预测的关键, 而又源于物质结构的非均匀性。旋矢性体现在  $V-3\theta$  图中。

$V-3\theta$  图是用探空资料做出的垂直方向的二维结构相图, 以物理量  $p-T$  为坐标,  $p$  轴上单位为 hPa,  $T$  轴上单位为绝对温度  $K$ 。 $V$  表示探空垂直方向上的实测风的风矢、风速资料。 $3\theta$  为  $\theta$ 、 $\theta_{\text{sed}}$  和  $\theta^*$ ,  $\theta$  是位温,  $\theta_{\text{sed}}$  以露点温度计算的假相当位温,  $\theta^*$  是假定饱和状态下的假相当位温。

对于垂直方向实测风构成的涡旋, 按旋矢性引入滚流的概念。滚流即垂直方向的涡旋流, 相当于传统中的水平涡度。滚流形式可分为两类, 顺时针转动的为顺滚流, 为天气转坏的标志; 逆时针转动的为逆滚流, 为天气转好的标志。

收稿日期: 2006-12-19

作者简介: 李明娟 (1977-), 女, 陕西合阳人, 学士, 工程师, 从事天气预报及技术研究。

超低温是大气结构的重要信息, 是对流层顶平流层底部  $\theta$  随  $p$  的减少变率陡然改变的现象, 这种现象一般出现于灾害性天气之前, 并决定天气的性质和发展的程度。有无超低温可以有效的预测强对流天气。

相对于气象学中传统上习惯于把气象要素按压 ( $p$ )、温 ( $T$ )、湿 ( $T_d$ )、风 ( $V$ ) 的顺序而言, “反序构”是欧阳教授根据气象要素在天气预测中的实际贡献大小而做出的重新排列, 其顺序变为: 风向、风速、湿 ( $T_d$ )、温 ( $T$ )、压 ( $p$ ), 与传统顺序正好相反, 所以称之为反序构。此外, 由于探空站点是按 200~300 km 设置的, 且又是将约 2 h 的过程信息作为 08 或 20 时的信息, 这本身就有人为性误差。只是因为使用信息的结构性变化, 而可捕捉到区域性灾害天气, 其具体落脚点仅靠目前的探空站网还不足以解决。目前欧阳首承已经给出自动气象站的自记信息的处理方法, 并经实践证实, 揭示了非规则信息是变化信息的“乱则变”<sup>[6]</sup>。

## 2 实例分析

2006 年 6 月 2 日 20 时开始, 陕西关中部分地区开始出现小阵雨, 至 3 日凌晨开始, 以铜川、西安为中心的降水强度突然加大, 凌晨 04 时左右, 西安 1 h 降水量达到 28.8 mm, 咸阳 1 h 降水量达到 35.3 mm。

2006 年 6 月 2—3 日的区域性暴雨过程在天气图没有明显的影响系统, 数值预报也没有给出明确信息。但利用 6 月 2 日 08 时和 20 时的  $V-3\theta$  图却已经可以看出其结构的非规则和变化了。6 月 2 日 08 时延安 (图 1a) 和汉中站 (图 1b) 的上空均是对流云活跃的大气结构, 尤其是汉中、延安和西安 (图 1c) 的偏南气流已经达到 500 hPa。配合延安、西安、汉中三站的 400 hPa 以上的较强的西北气流所构成的整体顺滚流, 正是暴雨将发生的典型结构<sup>[1]</sup>。尽管西安站在 08、20 时的低空大气较干燥, 但东南风较强和不稳定突出 ( $\theta$  曲线左倾) 而形成了高温钝角结构, 有利于延安、汉中、安康等地丰沛水汽向西安集聚。尤其是西安站的 500~400 hPa 间已经于 2 日 08 时出现暖层

云, 08—20 时的西安于 300 hPa 以上出现超低温, 并在 20 时又有所加强。作为水汽源地, 汉中—达州—重庆—安康一带均为偏东南气流 (图略), 表明西安的降水有后备水汽源。由于超低温现象并非是一站一点的个别现象, 它所反映的是一个区域的大气状况, 故西安站可以反映关中地区的基本状况。分析中应注意, 延安站的  $V-3\theta$  图上, 300 hPa 出现了超低温, 但 700 hPa 以下仍为西北风, 高层为西风, 为逆滚流, 没有形成通畅的水汽通道。汉中有超低温, 地面到高空有 3~4 层折拐, 表明对流活跃, 但低空出现偏东北风, 利于水汽在关中汇合, 并伴有明显的超低温效应, 所以, 关中地区在 12~24 h 将会出现区域性的强降水天气。

6 月 2 日 20 时西安的  $V-3\theta$  图 (图 1d) 反映出的大降水结构特征就更加明显了。从风场上看, 对流层整层形成了顺滚流结构,  $\theta$  在 200 hPa 附近与  $T$  轴几乎垂直, 超低温进一步加强, 并在中低空与  $T$  轴成  $80^\circ$  左右锐角, 表示低层大气强烈不稳定。 $\theta_{\text{sed}}、\theta^*$  在 700 hPa 以上有两处完全重合, 湿度达到饱和, 相应的水汽输送层已达 400 hPa, 满足暴雨需要的深厚的水汽层。因此, 此时已经可以肯定的说关中地区将在 6~12 h 内产生暴雨天气了。

6 月 3 日 08 时的  $V-3\theta$  图 (图 2) 为降水过程中的大气结构, 200 hPa 处的超低温已经减弱消失, 但 300 hPa 附近仍然存在弱的超低温结构;  $\theta_{\text{sed}}、\theta^*$  完全重合, 湿度达到饱和, 降水性质发生改变, 成为层云降水; 500 hPa 和 700 hPa 均转为西北风, 但在对流层低层仍维持西南风与西北风构成的顺滚流结构, 预示降水虽将持续, 但西风层的下降也预示降水趋于结束。一般而言, 降水结束前有突然加强的特征。实况在 03 日上午 10 左右, 降水有一次突然加强, 并会在未来 6~12 h 内趋于结束。

分析以上 3 个时次的  $V-3\theta$  图, 可以很清楚的看出整个降水过程中大气结构是变化的, 在对流降水的前后大气有明显的结构差异。不仅大气在降水过程中是变化的, 并暴雨也具有其独特的

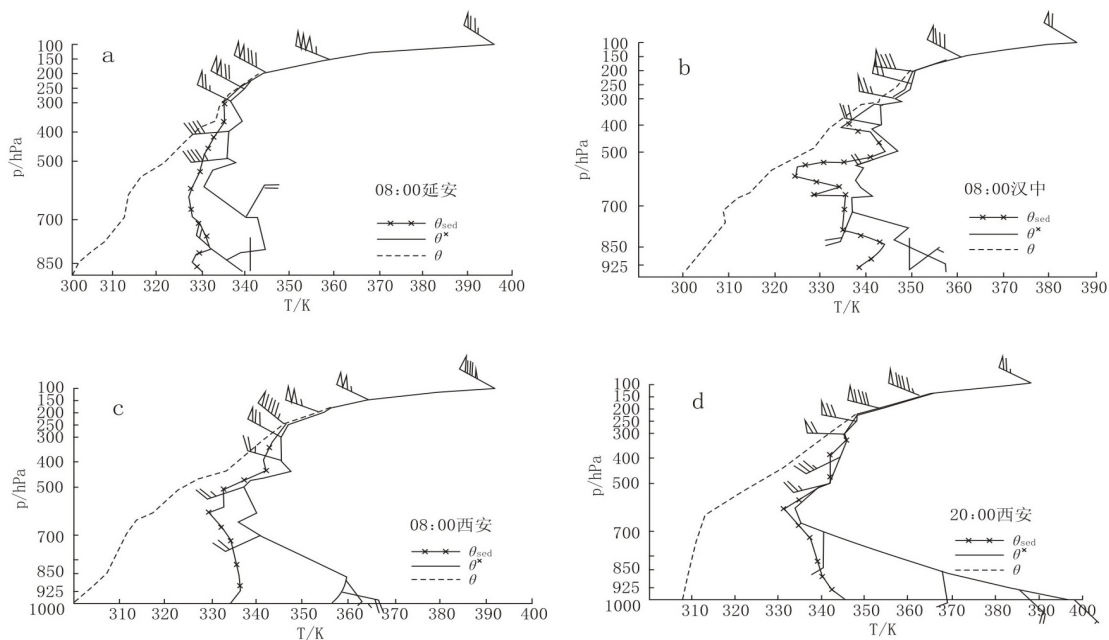


图1 2006-06-02探空站V- $\theta$ 图

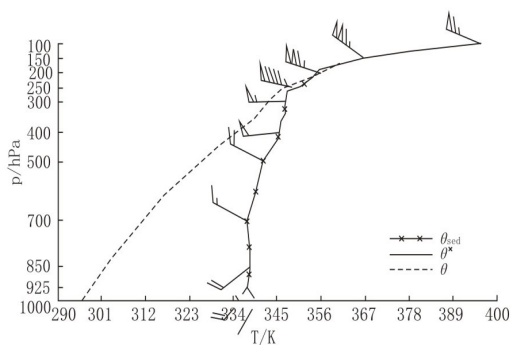


图2 2006-06-03T08西安站的V- $\theta$ 图

结果特征,既不同于一般降水,也有别于其它灾害天气。V- $\theta$ 图可以比卫星云图提前见到结构的独特特征,也可以区分不同层次云的结构性质和高度,并还可以利用结构比给出降水的量级的定量预测,而毋须通过上升速度计算降水量。

### 3 结论与讨论

3.1 利用结构分析法对这次突发区域性暴雨分析发现,在降水酝酿、产生、结束的整个过程中,大气有明显的结构差异。大气结构的转化直观的体现了能量转化的过程。结构分析方法中含有特殊的非规则或小概率信息,故可以预测突发性灾

害天气。

3.2 暴雨发生前,200~300 hPa有明显的超低温出现, $\theta$ 与T轴在中低层呈准垂直,说明有强烈的对流不稳定,激发产生暴雨的强烈上升运动;西南风与西北风构成的对流层整层的顺滚流是天气转折的必要条件,大气滚流中心的下边为暖湿气流,中心的上边为干、冷气流; $\theta_{scd}$ 、 $\theta^*$ 的准平行结构和多点重合为暴雨发生提供了深厚的水汽条件。雨量的大小还要考虑到水汽输送的情况,由于关中地区位于秦岭的北麓,南路来的水汽输送必然受到一定的阻碍,影响到降水的量级。在预测降水时,应注意水汽源地和本地的地理背景。

3.3 结构预测是认识观念的转变。因为传统的天气图或目前流行的数值“预报”均是建立在对已经发生事件跟踪的基础上的推测,而不是未发生事件的预测。尤其是结构预测中运用了方向信息,配合特殊性信息的结构特征,可以揭示天气变化过程的转折性,预测突发性灾害天气。

应说明的是,鉴于图1c、d的结构不稳定情况,本次降水过程属于突发区域性强降水,但不能称为大面积的暴雨过程。因此,基于外推式的跟踪方法是不能预测的。

文章编号: 1006-4354 (2007) 03-0009-04

# 陕西初夏一次突发性暴雨过程的预报偏差分析

侯建忠, 梁生俊

(陕西省气象台, 西安 710014)

**摘要:** 对 2006 年 6 月 2—3 日陕西出现的突发区域性暴雨分析, 由于环流、卫星云图征兆和数值模式预报结果均不明显, 使预报在强度和范围上与实况偏差较大。结果表明: 造成偏差的主要原因是 2 日 20 时 700 hPa 的偏东急流突增所致; 孟加拉湾维持稳定的热带风暴对过程强度影响不可忽视; 未能较好的释用 WRF 数值模式预报结果也是预报出现偏差的一个重要因素。

**关键词:** 突发性暴雨; 预报偏差; 综合分析

**中图分类号:** P458.1211

**文献标识码:** A

2006 年 6 月 2 日晚到 3 日白天, 陕北南部和关中北部出现了一次突发区域性暴雨, 过程特点是突发性强、历时短, 无论是暴雨出现的时间还是雨强均属历史罕见。由于环流形势、风场特征以及卫星云图等资料的反映均不明显, 并且运行的几个主流数值模式预报结果也不理想, 使本次过程的常规预报在强度和范围上与实况偏差较大, 造成了较大的社会影响, 即使事后分析也难以找出充分的预报理由。本文对这次暴雨的环流形势、卫星云图、物理机制和数值模拟及其预报的偏差原因分析研究, 探讨其成因, 寻找预报着眼点, 旨在提高该类暴雨预报的能力。

## 1 降水特点及预报概况

本次过程陕西共出现 15 站暴雨, 其中陕北南部 2 站 关中中部 13 站。降水从 2 日 20 时开始, 强降水集中在 3 日 02 时至 05 时, 其中咸阳 1 h

最大降水量达 35 mm, 西安 1 h 最大为 29 mm。24 h 降水量铜川 83.6 mm, 西安 71.6 mm。由于此次暴雨开始急骤、雨强大、短雨时, 引发西安、咸阳城区多处积水深度达 40~60 cm, 城市交通受到严重的影响。

2 日 16 时陕西省气象台对外发布的未来 24 h 天气预报为: 今天晚上, 陕北阴天间多云, 南部有阵雨或雷阵雨, 关中、陕南阴天有阵雨或雷阵雨, 各市单点预报也多为阵雨或雷阵雨。省台的预报虽然在过程上预报准确, 但量级有较大失误, 特别是正值陕西的“三夏”麦收期间, 给“三夏”工作带来严重影响。

## 2 环流形势及卫星云图特征分析

### 2.1 环流形势特征分析

2 日 08 时 500 hPa 上, 在贝加尔湖附近维持着一个较强的冷涡, 且稳定少动, 其底部为平直

收稿日期: 2006-12-28

作者简介: 侯建忠 (1960-), 男, 陕西澄城人, 学士, 高工, 主要从事天气气候预测及研究。

## 参考文献:

- [1] 欧阳首承. 运动流体的断裂与天气预报测的若干问题 [M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1994.
- [2] 欧阳首承. 天气演化与结构预测 [M]. 北京: 气象出版社, 1998.
- [3] 陈祯烈, 周莉蓉, 郝丽萍. V-3 $\theta$  图在区域暴雨预报中的应用 [J]. 气象, 2003, 29 (1): 20-22.

- [4] 张洪卫, 张经珍, 侯淑梅, 等. 用溃变理论做暴雨预报 [J]. 陕西气象, 2000 (4): 14-18.
- [5] 杜继稳, 张弘, 梁生俊, 等. 青藏高原东北侧突发性暴雨分析研究与应用 [M]. 北京: 气象出版社, 2005.
- [6] 欧阳首承, 张葵, 郝丽萍, 等. 非规则时序信息的结构转换及演化的细化 [J]. 中国工程科学, 2005, 7 (4): 36-41.