

文章编号: 1006-4354 (2005) 01-0005-03

# 用多因子组合集成预报陕西关中大降水

侯建忠, 段桂兰, 王秀成

(陕西省气象台, 陕西西安 710014)

**摘要:** 分析影响陕西关中大降水的因子, 选取 9 个对大降水贡献显著的因子, 包括 T213 数值预报产品, 单站观测数据, 卫星云图, 环流特征等, 并进行相应的概率分析以及实践经验订正, 对各因子信息的可信度分档分类赋值, 再组合集成预报陕西关中大降水, 预报结论可靠性较好。

**关键词:** 多因子; 组合集成; 大降水; 预报

**中图分类号:** P456.1

**文献标识码:** A

统计表明, 陕西的大降水多是突发性, 且持续时间短。往往前期征兆不明显, 有时虽然与历史上的降水形势相同, 也会出现漏报、空报现象, 例如 1991 年 7 月 28 日陕西出现的一次区域性大暴雨, 西安的日降水量至今仍为建站以来最大值, 降水量为 111 mm, 该次预报属漏报过程<sup>[1]</sup>。预报人员希望能从多年的预报实践中寻求一种综合分析预报大降水方法, 既应用现代化的客观数值预报产品、分辨率较高的卫星云图和新的监测手段, 又依据天气演变的环流特征, 还加入预报人员的经验, 制作大降水预报。本文介绍一套多因子组合集成的预报方法。

## 1 原理和思路

研究发现, 影响降水预报的因子诸多, 各地也有差异和特殊性。大降水的情况更是十分复杂, 它是不同尺度环流相互作用的结果<sup>[2]</sup>。不同的地区在相同的环流条件下, 造成的降水是有区别的; 同样在同一地区降水结果一样, 其影响系统和高低空环流配合差异较大。基于以上原因, 在选择因子时, 结合陕西大降水的特点, 将影响陕西大降水的关键系统浓缩到具有明显预警指示意义, 又有一定的物理意义的几种因子上, 也就是要选择几个对降水贡献较大的因子。同时考虑形势要素场的各层配置。将各个因子分别赋值求和, 组

合成用以预报陕西关中地区夏半年的大降水。

## 2 预报因子的选样和预报方程的建立

选取陕西关中地区出现在 5—10 月, 区内半数的县(市)降水在 10 mm 以上, 且区内站点出现 3 站以上暴雨的大降水过程作为研究对象。结合长期的预报经验, 选取 9 个在高原东侧对陕西大降水贡献较大的信息或因子, 进行筛选和相应的概率分析以及实践经验订正, 对每一个因子的信息可信度分档分类赋值。为了计算方便, 赋值时需要将每一项因子进行放大取整处理。

假设:  $P_i(x_j)$  为选取的预报因子, 则预报因子的表达式定义如下:

$$P_i(x_j) \begin{cases} 15 & \text{当 } x_1 \geq \text{某一个值域或符合一定} \\ & \text{形势时} \\ 10 & \text{当 } x_1 \geq x_2 \geq x_3 \text{ 某一个值域或符} \\ & \text{合一定形势时} \\ 5 & \text{当 } x_3 \geq D \text{ 某一个值域或符合一} \\ & \text{定形势时} \end{cases}$$

其中  $i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$  分别代表同一时次的 9 个相互独立的因子。 $j=1, 2, 3$  代表该因子在该时次所处的值域或特定的形势,  $D$  为一待定常数或一定的形势。

### 2.1 预报因子及其物理意义

$P_1(x_j)$  为第一预报因子, 直接用国家气象中

收稿日期: 2004-09-24

作者简介: 侯建忠 (1960-), 男, 陕西澄城人, 高级工程师, 主要从事天气预测及研究。

基金项目: 国家科技部“陕西省干旱遥感监测与突发性暴雨监测预警系统研究”(2001DIB20095)

心发布的 T213 降水预报结论, 并规定 (其降水预报的值大小可随月份变化而变化):

$$P_1(x_j) \begin{cases} 15 & \text{当 T213 预报未来 24 h 内} \\ & x_1 \geq 50 \text{ mm 降水} \\ 10 & \text{当 T213 预报未来 24 h 内} \\ & 49 \text{ mm} \geq x_2 \geq 30 \text{ mm 降水} \\ 5 & \text{当 T213 本预报未来 24 h 内} \\ & 29 \text{ mm} \geq x_3 \geq 15 \text{ mm 降水} \end{cases}$$

$P_2(x_j)$  为第二预报因子, 直接选用日本 0~24 h 降水预报结论, 规定 (其降水预报的值大小可随月份变化而变化):

$$P_2(x_j) \begin{cases} 15 & \text{当日本预报未来 24 h 内} \\ & x_1 \geq 30 \text{ mm 降水} \\ 10 & \text{当日本预报未来 24 h 内} \\ & 29 \text{ mm} \geq x_2 \geq 15 \text{ mm 降水} \\ 5 & \text{当日本预报未来 24 h 内} \\ & 14 \text{ mm} \geq x_3 \geq 5 \text{ mm 降水} \end{cases}$$

$P_3(x_j)$  为第三预报因子, 冷空气作用是出现暴雨的基本条件之一, 为了反映天气系统及冷空气作用, 选用西安单站九线图的气压最低值与当日 14 时气压最低值之差表示天气系统及冷空气。当西安本站 14 时气压处在最低时, 且当日会有冷空气侵入本站, 即有冷锋过境时。则有:

$$P_3(x_j) \begin{cases} 15 & 0.1 \text{ hPa} \leq x_{14} - x_{\text{低}} \leq 3 \text{ hPa} \\ 10 & 3.1 \text{ hPa} \leq x_{14} - x_{\text{低}} \leq 5 \text{ hPa} \\ 5 & 5.1 \text{ hPa} \leq x_{14} - x_{\text{低}} \leq 8 \text{ hPa} \end{cases}$$

$P_4(x_j)$  为第四预报因子, 实践经验表明, 当陕西关中出現暴雨时, 陕西多位于地面低压倒槽控制内或处在地面低压倒槽影响的范围内, 基于经验总结, 对其不同情形规定:

$$P_4(x_j) \begin{cases} 15 & \text{陕西位于地面低压倒槽控制或} \\ & \text{处在鞍型场内并有冷锋存在} \\ 10 & \text{陕西位于地面低压倒槽影响的} \\ & \text{范围但无冷锋存在} \\ 5 & \text{陕西处在地面低压倒槽或鞍型} \\ & \text{场特征不明显的形式下} \end{cases}$$

$P_5(x_j)$  为第五预报因子, 许多研究表明, 适当的风速垂直切变是产生暴雨不可缺少的条件之一, 它的存在有利于暴雨区内的对流维持和发展, 在此选用西安单站测风资料来代表关中地区风的

垂直切变, 视其为产生暴雨的动力因子之一。

$$P_5(x_j) \begin{cases} 15 & \text{西安站测风 700 hPa 以下为偏东} \\ & \text{风, 风速随高度减小, 700 hPa} \\ & \text{以上为偏西南风, 风速随高度} \\ & \text{增大; 而地面为} \geq 8 \text{ m/s} \\ 10 & \text{西安站测风 700 hPa 以下为偏} \\ & \text{东风, 风速随高度减小, 700} \\ & \text{hPa 以上为偏西南风, 风速随} \\ & \text{高度增大; 而地面为} \geq 6 \text{ m/s} \\ 5 & \text{西安站测风 700 hPa 以下为偏} \\ & \text{东风, 风速随高度减小, 700} \\ & \text{hPa 以上为偏西南风, 风速随高} \\ & \text{度增大; 而地面为} \geq 4 \text{ m/s} \end{cases}$$

$P_6(x_j)$  为第六预报因子, 高空辐散是产生暴雨的必要条件, 也是关中的大降水应该具有的条件。陕西位于高原东侧, 实践表明, 300 hPa 的急流以及该层的水平切变强弱对陕西的大降水有较好的指示意义。

$$P_6(x_j) \begin{cases} 15 & \text{在 300 hPa 层上, 延安风速} \\ & \geq 16 \text{ m/s, } v_{\text{延安-西安}} \geq 12 \text{ m/s} \\ 10 & \text{在 300 hPa 层上, 延安风速} \\ & \geq 16 \text{ m/s, } v_{\text{延安-西安}} \geq 8 \text{ m/s} \\ 5 & \text{在 300 hPa 层上, 延安风速} \\ & \geq 12 \text{ m/s, } v_{\text{延安-西安}} \geq 6 \text{ m/s} \end{cases}$$

$P_7(x_j)$  为第七预报因子, 运用 T213 垂直速度预报结论; 它能有效反映未来大气的垂直演变趋势, 反映未来大气对流强弱演变趋势。通过经验订正, 有其使用价值, 并规定:

$$P_7(x_j) \begin{cases} 15 & \text{当 T213 预报未来 24 h 关中的} \\ & \text{垂直速度 } \omega \geq -20 \times 10^{-3} \text{ hPa/s} \\ 10 & \text{当 T213 预报未来 24 h 关中的} \\ & \text{垂直速度 } \omega \geq -10 \times 10^{-3} \text{ hPa/s} \\ 5 & \text{当 T213 预报未来 24 h 关中的} \\ & \text{垂直速度 } \omega \geq -5 \times 10^{-3} \text{ hPa/s} \end{cases}$$

$P_8(x_j)$  为第八预报因子, 充沛的水汽输送和低层较强的辐合是产生暴雨的必要条件, 选取陕西境内探空站 700 hPa 的风速矢量代表西南气流, 既水汽的输送和低层辐合, 作为产生暴雨的能量和动力因子。

- $P_8(x_j)$  {
- 15 在 700 hPa 层上, 当陕南  $\geq 12$  m/s, 关中  $\geq 8$  m/s 的偏西南风, 且延安站以南有风速及风向辐合
  - 10 在 700 hPa 层上, 当陕南  $\geq 8$  m/s, 关中  $\geq 6$  m/s 的偏西南风, 且延安站以南有风速及风向辐合
  - 5 在 700 hPa 层上, 当陕南  $\geq 6$  m/s, 关中  $\geq 4$  m/s 的偏西南风, 且延安站以南有风速及风向辐合

$P_9(x_j)$  为第九预报因子, 选择最新的卫星云图资料, 它能有效、准确、直观的反映影响系统的生消、强弱演变过程; 在制作发布大降水预报时选取最近时刻卫星云图资料, 并根据其形态进行赋值<sup>[3]</sup>。它的作用和意义就如同数值预报中的四维同化一样。

- $P_9(x_j)$  {
- 15 冷锋前的降雨云带概念模式云图<sup>[4]</sup>, 且东南沿海有台风存在
  - 10 冷锋后的雨带模式云图(降雨云带位于锋后), 台风条件同上
  - 5 没有冷锋配合的各种云团或云系

## 2.2 建立综合预报方程

通过对上述每一项预报因子意义的分析, 将上述各个预报因子所赋的数值直接求和, 则综合预报方程为:

$$Y = \sum P_i(x_j) = P_1(x_j) + P_2(x_j) + P_3(x_j) + P_4(x_j) + P_5(x_j) + P_6(x_j) + P_7(x_j) + P_8(x_j) + P_9(x_j)$$

其中  $i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$  分别代表 9 个相互独立的因子。  $j=1, 2, 3$  代表该因子在该时次所给的值。9 个相互独立预报的因子, 在  $j$  值为不同数值时, 该预报方程  $Y = \sum P_i(x_j)$  有多个组合结果; 不同的组合结果, 有不同的预报结论。实践研究表明: 当  $Y \geq 100$  时陕西关中区域内 12~36 h 内有暴雨。

## 3 预报试报结果分析

以前, 对该方法预报结果仅仅是作为日常预

报参考, 并未作严格的统计和预报评分。从 2002 年起, 为了进一步检验其可靠性, 将多因子组合集成预报结果 ( $Y$  值) 与陕西关中未来 12~36 h 内降水实况作适当的跟踪对比分析, 并进行评定。检验结果显示, 当  $Y \geq 100$  满足时, 且在下一预报时次  $Y$  值继续增大时, 其预报结论可信度随之提高(见表 1)(此检验仅对部分过程跟踪对比, 结果有一定的局限性)。

表 1 多因子组合集成预报结论检验

年月日时	Y 值	预报暴雨站数	实况暴雨站数	检验评定
2002060808	100	有 $\geq 3$ 站	10	正确
2002060820	120	有 $\geq 3$ 站	11	正确
2002062020	85	无 $\geq 3$ 站	0	正确
2002062108	90	无 $\geq 3$ 站	0	正确
2003071408	95	无 $\geq 3$ 站	5	不正确
2003071420	115	有 $\geq 3$ 站	5	正确
2003082808	105	有 $\geq 3$ 站	17	正确
2003082820	125	有 $\geq 3$ 站	33	正确
2003091808	105	有 $\geq 3$ 站	4	正确
2003091820	115	有 $\geq 3$ 站	15	正确
2004061208	90	无 $\geq 3$ 站	0	正确

## 4 结论

该方法多个预报因子的组合, 包含范围较广, 各个因子的物理意义清楚, 便于计算, 结果具有客观性, 预报结果检验证明可靠性较好。但选择预报因子时应特别注意, 因为各地对降水贡献较大的因子可存在差别, 产生暴雨的因子各地有其特殊性, 要求在广泛总结实际预报工作经验的基础上进行筛选、过滤。因此该方法在青藏高原的东北侧附近地区为一种行之有效的预报方法。但此方法要业务化使用还需深入总结研究。

### 参考文献:

- [1] 张列锐, 侯建忠, 郑泳宜. 青藏高原东北侧一次 MCC 环境流场特征分析 [J]. 甘肃气象, 1997, (2): 4-6.
- [2] 陶诗言. 中国之暴雨 [M]. 北京: 科学出版社, 1980. 25-146.
- [3] 《西北暴雨》编写组. 西北暴雨 [M]. 北京: 气象出版社, 1992. 91-164.
- [4] 刘子臣. 陕西中尺度系统及短时天气预报 [M]. 北京: 气象出版社, 1998. 94-118.