

# 黄河三角洲短期暴雨预报系统<sup>①</sup>

张经珍 郝家学 侯淑梅 孙忠欣

(山东省东营市气象局, 257091)

## 提 要

在天气学分型的基础上,利用1990~1995年日本数值预报产品与实时资料相结合,研制黄河三角洲短期暴雨预报系统。经1996年使用效果较好。

**关键词:** 天气学分型 数值预报产品 暴雨预报

## 引言

暴雨是黄河三角洲地区主要灾害性天气之一。它主要出现在汛期,具有降水历时短、强度大、分布不均匀、随机性强等特点,致使暴雨的定时定量预报难度很大。本课题通过对黄河三角洲(即东营市,  $37^{\circ}03' \sim 38^{\circ}10'N$ ,

$118^{\circ}07' \sim 119^{\circ}10'E$ )区域内东营区、河口区、广饶县、利津县、垦利县5个台站的历史资料统计,利用数值预报产品与实时资料相结合,研制出东营市及各县区12~36小时暴雨预报模型。经1996年使用效果较好,比主观预报有较大提高。

## 1 资料选取

### 1.1 历史资料

历史资料采用1990~1995年汛期(6月下旬~9月上旬)亚欧500hPa、700hPa、850hPa高空形势分析图(08时)资料。在30~50°N, 103~125°E区域内选取23个指标站及其K指数;各县区14时温度、水汽压、露点温度及逐20~20时日降水量。

### 1.2 数值预报产品

采用1990~1995年汛期逐日08时的日本传真图FSFE02、FSFE03、FUFE502、FUFE503、FXFE572、FXFE782中的9个物理量,即地面降水预报、500hPa涡度和高度预报、700hPa温度露点差和垂直速度预报、850hPa温度预报。

## 2 技术方法

由于中央气象台数值预报产品资料年限短,且更新换代快,暴雨样本少,单纯制作暴雨预报系统存在一定的局限性。日本降水数值预报产品,对中雨以上降水预报量偏小,易造成暴雨预报失误。因此,本文利用长期观测资料、历史天气图,确定出产生暴雨影响系统的关键区,结合高空、单站、日本数值预报产品资料,进行综合决策,建立起相对稳定的暴雨预报模型。

### 2.1 降水资料处理

由于降水量不服从正态分布,为此,我们将降水量分为3级,即日雨量0.0~37.9mm为1级,38.0~49.9mm为2级,50mm以上为3级。东营市的日降水量取东营区、河口区、广饶县、利津县、垦利县5站中日降水量的最大值。

### 2.2 分型方法

规定1980~1995年各县区20~20时的日降水量 $R_{\square} \geq 38.0\text{mm}$ 定为一个暴雨日,并且根据暴雨日前12小时08时500hPa、700hPa、

850hPa资料进行综合分析,认为用700hPa影响系统对大~暴雨进行分类最好。因此本文将这16年中92次大~暴雨(其中1990~1995年56次),用聚类分析的方法,将产生暴雨的影响系统分为三类,即低槽类、冷涡横槽类和切变类。当影响系统为低涡(40°N以南)时,则用对暴雨贡献大的类型。

### 2.3 暴雨消空条件

东营市汛期暴雨是小概率事件,东营市及各县区的(日降水量 $R_{\square} \geq 38.0\text{mm}$ )的气候概率分别为东营市7%、利津县3.2%、广饶县2.8%、垦利2.8%、河口区5%、东营区6.7%。为提高样本中暴雨概率,减少空报,对1990~1995年汛期样本进行天气学和降水数值预报产品两种消空。

#### 2.3.1 天气学消空条件<sup>[1]</sup>

根据上述分类,为使影响系统较为客观,由历史资料确定:低槽类关键区为33~45°N、102~117°E在其范围内有南-北向或东北-西南向的槽线,且与经线夹角 $\leq 45^\circ$ 。切变类关键区为33~40°N、107~120°E,按其与经线夹角分为经向切变(与经线夹角 $\leq 45^\circ$ )、纬向切变(与经线夹角 $> 45^\circ$ )。其与低槽类的区别就是无明显的冷空气。冷涡横槽类,冷涡中心在43~48°N、110~120°E区域内至少有一条闭合等压线,横槽在40~47°N、105~120°E范围内有东-西向或东北东-西南西向的槽线。在上述关键区内槽线与切变线的南北、东西跨度均大于5个经纬度。

当影响系统在上述关键区内定为有暴雨型,否则为无暴雨型,即该日作无暴雨处理。

#### 2.3.2 降水数值预报产品消空

根据历史资料统计发现,日本降水数值预报产品,对10.0mm以下降水定量、定性准确率较高,而对中雨以上降水定量预报效果较差。但作者发现,在上述天气学分型的基础

上,在暴雨型中,日本降水数值预报在35~40°N、115~120°E 范围内,FSFE02、FSFE03 两张图均无降水,本市无一例出现暴雨。故而,将此关键区定为暴雨型再次消空的条件。若二张图在此关键区内都无降水或处于降水零线附近,则划为无暴雨型。

经过以上消空后,各站暴雨过程的气候概率均有所提高(见表1)。

表1 消空后各站暴雨气候概率/%

站名	东营市	河口区	广饶县	利津县	垦利县	东营区
气候概率	19.4	10.8	6.6	9.4	9.4	19.2

## 2.4 因子筛选

根据以上规则将1990~1995年,汛期样本分为暴雨型212天,其中低槽类121天,冷涡横槽类43天,切变类48天;无暴雨型156天。其它因缺资料未列入统计,经筛选在无暴雨类型中日降水量均在38.0mm 以下。使分型达到最佳效果。

根据暴雨的3个类型,对东营市及各站降水量与因子场进行相关分析,选取相关好的格点,由于各站地理位置不同,气候特点略有差异,影响各站因子也有所区别,因此,同一类型各站所取的因子数也不一样。原则如下:

① 选取相关系数绝对值较大、物理意义明确的格点。

② 筛选出冷涡横槽类、切变类的相关系数  $|R| > 0.2$ , 低槽类  $|R| > 0.15$  的因子。

③ 为使建立的逐步判别函数既稳定又准确,使各因子之间达到最佳组合,在初选因子时各站选取了相关系数通过0.05~0.001 信度水平检验的因子。根据以上计算筛选出:

a. 冷涡横槽类因子:各站所选因子数在47~98个(其中高空27~49个,  $K$  指数5~9个,单站0~2个)。

b. 低槽类因子:各站所选因子数在47~99个(其中高空18~40个,  $K$  指数2~5个,单站0~3个)。

c. 切变类因子:各站所选因子数在54~97个(其中高空18~26个,  $K$  指数2~8个,单站0~2个)。

## 2.5 组建方程

利用逐步判别方法,将上述初选因子,以单点值形式,分别进入逐步判别程序,按照拟合率最高的原则,根据引入和剔除的  $F$  值(1.5~3.0),确定适量的入选因子。根据暴雨3个类型,每站分别组建时效为12~36小时的暴雨落点预报方程(东营区资料年限短,只有低槽类方程)和以三县两区日降水量最大值为全市日降水量的暴雨落区预报方程。

如东营市河口站冷涡横槽型判别方程为:

$$Y_1 = -185.52690 - 0.82339X_1 + 0.12597X_2 - 6.16736X_3 + 2.09813X_4 - 2.54902X_5 + 13.47939X_6 + 7.36512X_7 - 1.92632X_8 - 0.01834X_9 + 0.05053X_{10}$$

$$Y_2 = -297.46180 - 0.94913X_1 + 0.13456X_2 - 8.16555X_3 + 3.09555X_4 - 3.53242X_5 + 16.62539X_6 + 9.41923X_7 - 2.41417X_8 - 0.05022X_9 + 0.13138X_{10}$$

$$Y_3 = -228.68050 - 0.65599X_1 + 0.45812X_2 - 7.50945X_3 + 3.75182X_4 - 3.00681X_5 + 14.36897X_6 + 7.60256X_7 - 1.42695X_8 - 0.12690X_9 + 0.11080X_{10}$$

其中,  $X_1$ 、 $X_2$  分别为 FSFE02图26、31格点降水,  $X_3$  为08时500hPa 民勤高度;  $X_4$ 、 $X_8$  分别为08时500hPa 乌兰巴托、通辽温度,  $X_5$ 、 $X_6$  分别为08时850hPa 阜阳、南阳的高度,  $X_7$  为08时850hPa 锡林浩特温度露点差,  $X_9$  为 FUF502 图 35 格点涡度,  $X_{10}$  为

FUFE503图29格点涡度。 $Y_1$ :无暴雨; $Y_2$ :大雨; $Y_3$ :暴雨。

将上述10个因子数值代入方程计算,比较 $Y_1$ 、 $Y_2$ 、 $Y_3$ 最大者即为预报量级。

### 3 效果分析

为了估计预报效果,我们统计了一些物理量<sup>[2]</sup>:正确率( $TS$ )、漏报率( $PO$ )、空报率( $NH$ )、预报效率( $EH$ )、习惯偏差( $BIAS$ )。预报效率( $EH$ )既考虑了预报暴雨的准确率,同时也考虑了无暴雨的准确部分。习惯偏差( $BIAS$ )最佳为1,大于1表示预报暴雨日数偏多,小于1表示预报暴雨日数偏少。表2是用上述统计量拟合计算的结果。由表2看出,

用该方法建立的预报统计模型,正确率在63.6%~100%之间,空报率为零,预报效率在92.6%~100%之间。

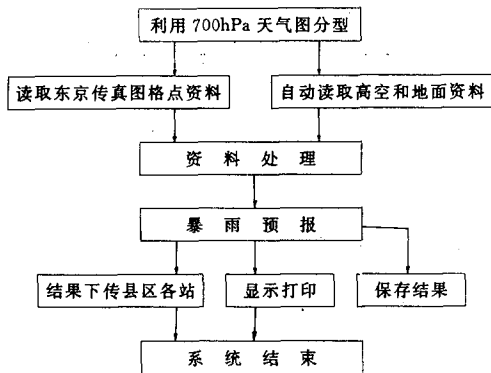
表3是1996年汛期预报方程的总体试验及主观预报效果统计。由表3看出MOS预报的准确率明显高于主观预报。其中,全市的暴雨落区及广饶、垦利、河口的暴雨落点预报较主观预报提高50.0%以上,利津略低仅提高13.3%(统计原则依据现行评分规定);还可看出MOS预报空报次数较少,而主观预报较多,其漏报率也低于主观预报。说明该模式有较好的使用价值。

表2 预报方程拟合效果

暴雨类型 站名	低槽类						冷涡横槽类					切变线类				
	全市	东营	河口	利津	广饶	垦利	全市	河口	利津	广饶	垦利	全市	河口	利津	广饶	垦利
$TS/\%$	67.9	100	77.8	81.8	100	63.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
$PO/\%$	26.9	0.0	28.5	22.2	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$NH/\%$	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$EH/\%$	92.6	100	98.3	98.3	100	96.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
样本数	121	52	121	121	121	121	43	43	43	43	43	48	48	48	48	48
$BIAS$	0.81	1.00	0.78	0.82	1.00	0.64	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

表3 1996年MOS预报试验及主观预报效果

站名	全市		东营		河口		利津		广饶		垦利	
	MOS	主观	MOS	主观	MOS	主观	MOS	主观	MOS	主观	MOS	主观
$TS/\%$	80.2	30.0	33.3	40.0	100	25.0	33.3	20.0	66.7	14.3	66.7	16.7
$PO/\%$	20.0	33.3	50.0	50.0	0.0	0.0	66.7	66.7	33.3	66.7	33.3	75.0
$NH/\%$	0.0	70.0	50.0	60.0	0.0	75.0	0.0	80.0	0.0	85.7	0.0	66.7
$EH/\%$	97.4	90.7	97.4	96.1	100	96.1	97.4	94.7	98.7	92.1	98.7	93.4
$BIAS$	1.00	3.33	1.00	1.67	1.00	4.00	0.33	2.50	0.67	3.5	0.67	0.75
试报天数	76	76	48	48	76	76	76	76	76	76	76	76



附图 暴雨预报系统流程图

#### 4 汛期暴雨预报系统的开发应用

## Rainstorm Forecast System in the region of the Yellow River Delta

Zhang Jingzhen Hao Jiaxue Hou Shumei

(Dongying Meteorological Station, Shandong Province 257091)

### Abstract

The rainstorm forecast system during the flood period in the region of Yellow River Delta was developed based on the classification of synoptical meteorology by combining the numerical forecast products in Japan and the actual data from 1990 to 1995. The system was used in forecasting (rainstorm) in 1996 and proved very effective.

**Key Words:** classification on synoptical meteorology numerical forecast products in Japan rainstorm forecast

本系统从开发到应用在 COMPAQ4/66 机上实现,在 UC DOS 汉字系统下,应用 FOXBASE2.1 和 FORTAN77 语言研制的。本系统流程图见附图,运用上拉菜单提示,自动读取高空图资料,人机对话方便,具有暴雨预报结果显示、存盘、打印等功能。并可通过微机终端自动传至各县区气象台站。

**致谢** 本课题得到山东省气象局张善君高级工程师指导,表示感谢。

### 参考文献

- 1 曹钢锋等. 山东天气分析和预报. 北京:气象出版社, 1988:32~170.
- 2 85-906-06 课题组. 暴雨业务预报方法和技术研究. 北京:气象出版社,1996:48~64.