

山西省主要河流流域面雨量预报业务流程

苗爱梅 郭玉玺 武捷 贾利冬 骆丽楠 刘秀春

(山西省气象台,太原 030006)

提 要

以 T213、HLAFS 模式、MM5 中尺度模式输出的格点资料以及日本降水量格点资料为基础,将影响山西降水的天气动力模型归纳为诊断模型,从中引出多个能够全面反映降水模型特征的综合物理因子;根据各种数值模式输出的降水量预报性能和质量优劣特点,依据数值模式的形势场预报优于要素场预报的现实,构造在不同环流形势背景下,启动不同预报方程的面雨量预报业务流程,有效地遏止了在环流形势调整时预报输出不能快速响应的弱点,提高了点和面雨量预报的准确度。

关键词: 主要河流 面雨量预报 业务流程

引 言

权重集成是在对历史资料统计的基础上,按质量的优劣确定方程中的回归系数,灰色预测、滤波集成虽然可使方程中的回归系数发生变化,但归根结底还是建立在对前期或前一时刻各种预报方法预报质量统计的基础上而对方程中的回归系数进行修改,无论那种集成都从根本上改变不了平均预报质量较高,转折性天气系统输出不能快速响应的弱点。本研究试图利用数值模式的形势场预报优于要素场预报的现实,构造在不同环流形势背景下,启动不同预报方程的面雨量预报业务流程,在一定程度上遏止环流形势调整时预报输出不能快速响应的弱点。

1 面雨量预报业务流程研究

1.1 确定影响山西降水的天气动力诊断模型

有关山西强降水的天气模型在一些论文中已有过研究,这些研究一般侧重于天气系统的配置^[1,2]。西风槽、副热带高压、热带系统达到最佳配置时,山西将产生强降水已是不可否认的事实。“山西省天气预报手册”对山西暴雨进行了天气分型,主要分为西风槽、切变线、西南涡、西北涡、蒙古冷涡、副高纬向、副高经向、台风倒槽等型。因此,我们用

诊断模型来反映上述的天气模型。(1)充足的水汽输送和强烈的水汽辐合是产生强降水的关键因素。水汽输送的最大值位于强降水区的南部,低层水汽辐合的强弱对应测站降水的强弱;(2)冷暖空气的有利配置。强降水对应强的暖湿空气与冷空气的交绥;(3)有利的大气层结。强对流天气对应强的条件不稳定层结,低层暖湿,高层干冷;稳定性降水对应弱的稳定层结或中性层结以及深厚的湿层;(4)强烈的上升运动乃是产生强降水的基本动力条件。

1.2 构造综合预报因子

根据经典的影响降水的天气动力理论,结合山西老一辈气象专家毕生的预报经验和指标,构造综合预报因子如下:

(1)水汽因子。由低层水汽辐合项 RA 和水汽的上下游效应项 RF 构成。

低层水汽辐合项 RA 由 925hPa、850hPa、700hPa 三层的水汽通量散度和表示,即: $RA = (RA)_{700} + (RA)_{850} + (RA)_{925}$ 。

水汽的上下游效应项 RF 由预报站点南部 925hPa、850hPa、700hPa 三层的水汽通量和表示。即: $RF = [(RF)_{700} + (RF)_{850} + (RF)_{925}]_S$ 。

(2)冷暖空气强度因子。由高低层冷暖

空气对比项 TC 、能量输送项 θ_{se} 、总能量项 E 和锋生及锋区强度项 F 构成。

高低层冷暖空气对比项 TC 由 850hPa 预报站点南部与 500hPa 预报站点北部温度平流差表示。即： $TC = (TC)_{850S} - (TC)_{500N}$ 。

能量输送项 θ_{se} 由 850hPa 预报站点南部 θ_{se} 通量输送表示。即： $\theta_{se} = \theta_{se850S}$ 。

总能量项 E 由 500hPa、700hPa、850hPa 三层的 θ_{se} 和表示。即：

$$E = \theta_{se500} + \theta_{se700} + \theta_{se850}$$

锋生及锋区强度项：

$$F = Q \cdot \nabla \theta_x = Q_x \cdot \frac{\partial \theta_x}{\partial x} + Q_y \cdot \frac{\partial \theta_y}{\partial y}$$

用 700hPa 和 850hPa 两层的湿锋生函数相加表示。

(3) 大气层结因子。由大气稳定度项 K 、整层水汽饱和度项 TH 构成。

大气稳定度项 K 由 KI 表示。

整层水汽饱和度项 TH 由 500hPa、700hPa、850hPa 三层的温度露点差和表示。即： $TH = TH_{500} + TH_{700} + TH_{850}$ 。

(4) 上升运动因子。由上升运动项 W 和螺旋运动项 VO 构成。由涡度方程可知，当涡度 > 0 时，水平辐合使气旋性涡度增加，水平辐散使反气旋性涡度增加。因此，低层辐合、高层辐散是上升运动维持的重要条件。故选用 200hPa 和 850hPa 的散度场作为上升运动项。即： $W = DI_{200} - DI_{850}$ ；螺旋上升运动项 VO 对应低层(850hPa)正涡度，高层(200hPa)负涡度，中层(700hPa)上升运动。即： $VO = VO_{850} - VO_{200} - WP_{700}$ 。

1.3 构造判别因子

数值模式输出的降水量预报值是制作降水量预报相关最好的预报因子。因此，根据各种数值模式的降水预报性能和质量优劣特点，用 500hPa 的 V 分量和地面气压作为判别条件，对各种数值模式输出的降水量有选择的进行权重集成。具体为：

在 T213 模式 500hPa 的 V 分量预报场和地面气压预报场中，取 $33 \sim 42^\circ N$ 、 $108 \sim$

$117^\circ E$ 范围， 10×10 个格点，自西向东设 $j = 1, 2, \dots, 10$ ，对应 $108^\circ E, 109^\circ E, \dots, 117^\circ E$ 10 个经距，自北向南设 $i = 1, 2, \dots, 10$ ，对应 $42^\circ N, 41^\circ N, \dots, 33^\circ N$ 10 个纬距。若 $V_{ij} < 0$ (偏北气流) ($j = 3, 4, \dots, 10, i = 1, 2, \dots, 8$) 与 $P_0 = (P_{i+3,j} + P_{i+4,j} + P_{i+5,j} + P_{i+6,j}) - (P_{i,j} + P_{i+1,j} + P_{i+8,j} + P_{i+9,j}) < 0$ (山西境内的气压低于周边气压) 同时成立时 ($i = 1, 2, \dots, 8, j = 3, 4, \dots, 10$)，舍弃日本降水格点资料，用其它三种模式的降水量进行权重集成。若 $V_{ij} < 0$ 与 $P_0 < 0$ 不同时成立，此时，若日本格点资料输出某站无降水，则该站按无降水处理；若日本格点资料输出某站有降水，则将四种模式预报结果进行权重集成作为该站的降水预报因子。

1.4 处理预报对象

1.4.1 降水量气候概率分布分析

分析近 20 年山西省各站 24h 降水量资料发现，6~9 月全省各站无雨的气候概率在 0.58~0.69，有雨的气候概率为 0.31~0.42；在有雨的个例中，各量级的气候概率有显著差异，随着降水量的增加，气候概率迅速减小。以太原站为例，20 年间，无雨的气候概率为 0.64，有雨的气候概率为 0.36，降水量在 0.1~10.0mm，10.0~24.9mm，25.0~49.9mm，50.0~99.9mm，以及 100.0mm 以上时，气候概率分别为：0.68、0.16、0.10、0.05 和 0.01。各降水量级的气候概率呈现出明显的偏态分布。由经典统计理论，预报因子和预报对象接近正态分布时建立的统计方程才稳定，故对降水量进行正态化处理。

1.4.2 正态化处理方案

由于无雨的气候概率最大，故首先将降水量分为有雨和无雨两档，有雨用 1 表示，无雨用 0 表示，建立晴雨预报方程。然后对有两个例进行正态化处理。

细分降水量等级从理论和实际都可使降水量的气候概率接近正态分布，但由于不连续故只适合制作降水等级预报，不适合制作降水量预报。因此对降水量做开 4 次、5 次、6 次方处理，将处理后的数据与相应的气候

概率分别绘制曲线发现,开6次方处理后的数据,其曲线更接近正态分布。故用开6次方对预报量进行正态化处理。

1.5 预报因子与预报对象的相关分析

诊断模型中所有物理量因子的资料都采用2002年5月15日~2003年5月15日逐日的T213资料,降水量预报因子则选用与其它物理量因子相同时段的四种模式的预报值在通过判别条件后的权重集成值。

首先对物理因子的格点值进行累积处理使其与预报量时间尺度相匹配,然后插值到站点,并对通过判别条件后的降水量权重集成值进行开6次方处理。由表1可知,正态化处理后的相关系数明显高于正态化处理前的相关系数;降水量、K指数、总能量、水汽饱和度、水汽上下游效应、能量输送、水汽辐合等预报因子的相关系数都通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验。降水预报的相关系数最高,可见,根据各模式的降水预报性能和质量优劣特点有选择地进行权重集成后的预报值无论降水量有无做正态化处理都是诊断模型中最优的预报因子,正态化处理其相关系数又有明显的提高;K指数、总能量、水汽饱和度与晴雨的相关系数较高,因而是判断有无降水的重要指标。

表1 太原站预报因子与预报对象相关系数

预报因子	晴雨		未处理		开6次方处理	
	24h	48h	24h	48h	24h	48h
降水量	0.62	0.55	0.59	0.56	0.71	0.65
K指数	0.59	0.41	0.49	0.33	0.63	0.54
总能量	0.58	0.42	0.56	0.53	0.66	0.59
水汽饱和度	-0.57	-0.41	-0.49	-0.47	-0.59	-0.49
水汽效应	0.43	0.38	0.48	0.56	0.57	0.62
能量输送	0.30	0.27	0.49	0.56	0.59	0.54
冷暖空气	0.34	0.27	0.25	0.10	0.35	0.29
水汽辐合	-0.43	-0.39	-0.48	-0.47	-0.55	-0.50
螺旋运动	-0.24	-0.21	-0.33	-0.26	-0.41	-0.34
锋生	0.19	0.14	0.21	0.20	0.29	0.27
上升运动	0.15	0.12	0.24	0.22	0.30	0.24

1.6 建立预报模型和流程

1.6.1 建立预报模型

建立逐站24h、48h降水预报模型,并分为晴雨和雨量预报两个模块。仅在晴雨预报模块报有降水时方可启动雨量预报模块。

晴雨预报建模步骤:处理预报对象,有雨为1,无雨为0;在初选的物理量因子中,用线性逐步回归筛选建立统计预报方程;以太原站24h预报为例,进入预报方程的因子有:降水量、K指数、总能量、水汽饱和度和、低层水汽辐合、水汽上下游效应6个因子,拟合率为93%。

类似晴雨预报建模步骤,分别对正态化处理前、后的预报量,应用线性逐步回归建立统计预报方程。计算两套方案建模的拟合率,未经正态化处理的平均拟合率为94%,正态化处理后的平均拟合率达98%,拟合率明显提高。

1.6.2 建立面雨量预报流程

预报模型建立后,仅完成了站点雨量预报,要制作面雨量预报,还需建立预报流程。图1为山西省主要河流流域面雨量预报流程。

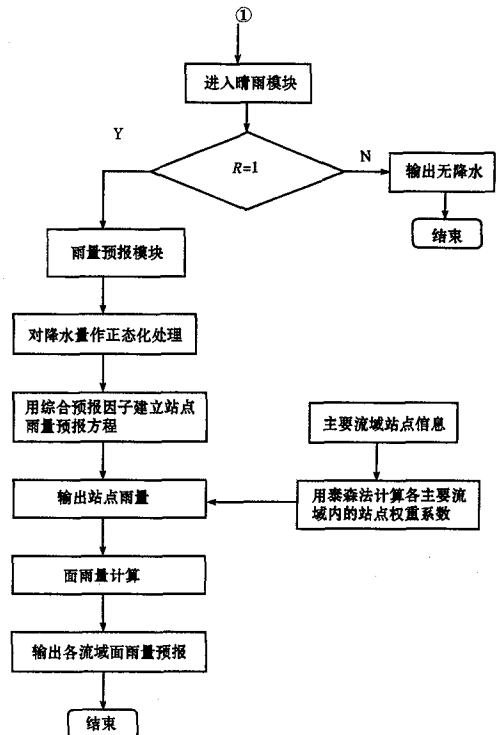


图1 山西省主要河流流域面雨量预报流程

2 试验

预报模型和面雨量预报流程建立后,

2003年6月1日到2003年8月31日进行了为期92天对比试验。试验结果表明:用该预报模型和流程制作的站点雨量预报的预报精度不但高于各模式输出的站点雨量预报精度,而且还高于投入业务运行三年的灰色预测和滤波集成方法制作的面雨量预报精度。表2是92天的对比试验结果,数据来自山西省主要河流域面雨量预报业务系统中的检验评分子系统输出的24h和48h模糊评分质量。

表2 2003年6月1日~8月31日对比试验结果

流域名	灰色预测		滤波集成		综合模型新流程	
	24h	48h	24h	48h	24h	48h
偏关河朱家川	80	66	81	70	88	74
三川河昕水	79	71	78	73	82	78
汾河上游	81	69	80	69	84	76
汾河下游	78	62	79	73	88	76
三门峡库区	85	80	88	78	90	81
沁河流域	79	70	82	69	87	76
永定河水系	69	70	71	80	74	79
子牙河水系	80	71	74	69	82	73

由表2可得到:综合模型新流程24h预报质量较灰色预测方法平均提高了5.49个百分点,较滤波集成提高了5.26个百分点;48h预报质量较灰色预测方法提高了6.75个百分点,较滤波集成提高了4.00个百分点。

3 小结

(1)建模试验表明,无选择地将所有模式的降水量预报值权重集成后进入综合预报因子建立的预报方程,不但平滑掉了降水过程中的大降水,而且还增加了空报次数。

(2)根据各种数值模式的降水预报性能和质量优劣特点,构造判别因子,有选择地对各模式输出的降水量进行权重集成后作为综合预报因子,无论预报量是否进行正态化处理,其相关系数都有明显提高。

(3)根据站点降水的气候分布特征,对偏差分布的降水量开6次方较开4次或5次方处理更接近正态分布,建立的统计方程更加稳定。

(4)将影响山西降水的天气动力模型归纳为诊断模型,从中构造出多个能够全面反映降水模型特征的综合物理因子,根据各种数值模式的降水预报性能和质量优劣特点以及不同的环流形势构造判别因子,实现在不同环流形势下启动不同的预报方程的面雨量预报流程使预报精度明显提高。

参考文献

- 苗爱梅,郭玉玺,梁明珠等.夏季分县降水量集成预报试验.气象,2000,26(5):8~12.
- 刘还珠,汤桂生.暴雨落区预报实用方法.北京:气象出版社,2000:10~13.

Study on the Operational Automatic Flow of Area Rainfall of Main River Valley in Shanxi Province

Miao Aimei Guo Yuxi Wu Jie Jia Lidong Luo Linan Liu Xiuchun

(Shanxi Meteorological Observatory, Taiyuan 030006)

Abstract

On the base of grid point data from T213, HLFS, MMS, and Japanese model, a Shanxi Province precipitation diagnosis model is induced. According to the precipitation forecast function and its good/bad characteristics of every kind of numerical model and the reality that in the numerical model the prognosis is superior to the elemental prediction, the operational automatic flow of the area rainfall is made to start different predictive equations under the background of different synoptic situation, which can effectively overcome the weak point that the forecast output can not quickly respond to the circulation patterns when these patterns are adjusted and can improve the forecast accuracy of the area rainfall.

Key Words: area rainfall diagnosis model operational flow