

三峡区间面雨量预报方法及其试验效果

熊秋芬 王丽 郑启松 王仁乔 柯怡明

(武汉中心气象台, 武汉 430074)

何志学

(湖北省气象局)

提 要

介绍了用于制作三峡区间面雨量预报的各种预报方法, 分析了天气学方法、数值预报方法及以数值预报产品为基础的人工神经网络方法在 1999 年汛期的试验效果, 结果表明: 人工神经网络方法及 MAPS 数值预报方法预报效果较好。并提出了对几种面雨量预报方法的改进措施。

关键词: 面雨量 预报方法 数值预报 人工神经网络 天气学模型

引 言

流域面平均雨量(简称面雨量)是防汛部门在洪水预报与水库调度中一个非常重要的参数。社会经济的发展对气象预报服务的要求不断提高, 常规的降水等级预报(小雨、中雨、大雨、暴雨等)已无法满足实际工作的需要, 因此开展流域面雨量的预报有助于提高防汛抗洪决策服务水平。湖北省地处长江中游, 省内江河湖库众多, 每年长江防汛任务十分繁重, 而三峡工程的建设对面雨量的预报提出了更高的要求。准确的流域面雨量预报, 可为长江防汛抗洪及省内水库调度、大型水库建设等提供可靠的气象决策依据, 最大限度地减少暴雨、洪涝等自然灾害带来的损失。

1 面雨量的计算方法

面雨量的计算方法主要有逐步订正格点法^[1]、三角形法^[2]、等雨量线法、算术平均法、泰森多边形法。利用上述方法中的后三种方法对长江三峡区间日面雨量(分别采用 1960~1990 年 6~8 月重庆至宜昌之间 30 个气象测站和 73 个水文测站逐日降水量资料)进行比较, 发现三种方法都适用于三峡区间日

面雨量的计算, 但各有其优缺点, 总的说来, 流域内站网密度越大, 面雨量的精度越高; 气象测站降水资料计算的面雨量可近似代替水文测站资料计算的面雨量。秦承平等^[3]利用算术平均法和泰森多边形法对清江流域和长江上游干支流域面雨量进行了探讨, 结果也表明三峡区间日面雨量适合用算术平均法计算。由于三峡区间气象测站分布较均匀, 雨量资料比较齐全, 实际工作中利用算术平均法计算该地区的日面雨量简单易行。

2 1994~1999 年 6~8 月三峡区间面雨量分布特征

用算术平均法计算日面雨量, 三峡区间 1994~1999 年 6~8 月(08~08 时资料)共发生了 5 次日面雨量 $\geq 40\text{mm}$ 的天气过程, 41 次日面雨量为 $20\sim 40\text{mm}$ 的天气过程(见表 1)。其中以 1998 年 6 月 28 日过程最强, 日面雨量为 85mm , 连续 2 天以上日面雨量 $\geq 20\text{mm}$ 的降水过程为: 1995 年 7 月 6~7 日、1995 年 7 月 23~24 日、1996 年 7 月 3~4 日、1997 年 7 月 13~15 日、1998 年 6 月 28 日~7 月 1 日、1998 年 8 月 5~6 日、1998 年

8月14~15日、1999年7月6~7日。由此看来,三峡区间日面雨量 $\geq 40\text{mm}$ 和日面雨量 $\geq 20\text{mm}$ 的连续降水过程主要集中在7、8月份,6月份相对较少,这可能与夏季副热带高压进退密切相关。

表1 1994~1999年6~8月三峡区间日面雨量 $\geq 40\text{mm}$ 、 $20\sim 40\text{mm}$ 的分布特征

年	月	$\geq 40\text{mm}$		$20\sim 40\text{mm}$	
		次	其中最大强度(mm)	次	其中最大强度(mm)
1994	6			2	35
	7			1	37
	8			1	33
1995	6			2	26
	7			4	33
	8			1	20
1996	6			2	20
	7	1	40	2	29
	8	1	41		
1997	6			1	32
	7			5	27
	8				
1998	6	1	85	2	22
	7	1	47	3	38
	8			8	34
1999	6			3	38
	7	1	68	2	34
	8			2	25
合计次数		5		41	

由表1还可以看出,日面雨量 $\geq 40\text{mm}$ 的过程均集中在长江流域发生严重洪涝的1996、1998、1999年,尤其是长江流域发生特大洪涝的1998年,该年日面雨量 $\geq 20\text{mm}$ 的降水过程也明显多于其他年份。1998年6月28日~7月1日三峡区间的连续强降水过程形成长江第1次洪峰,使沙市水位高达43.97m,直接威胁荆江大堤的安全。

3 面雨量的预报方法

目前还没有比较成熟的预报流域面雨量的技术与方法。武汉中心气象台在“八五”攻关课题《长江中游防汛重点地域致洪暴雨研究》中对三峡区间日面雨量的预报作过初步研究^[4,5],研制了天气学方法和利用日本降水预报传真图采用等雨量线法估算三峡区间日面雨量。

随着数值天气预报技术的发展,经过近

几年的努力,又研制出了数值预报和以数值预报产品为基础的数值预报产品释用方面的面雨量预报方法。数值预报产品释用的方法很多,如客观相似、灰色预测、人工神经网络方法等。在1999年汛期《三峡二期工程气象保障服务》试运行期间使用的面雨量预报方法主要有:

(1)天气学方法^[4]。该方法建立了三峡区间日面雨量 $\geq 40\text{mm}$ 的天气学模型并找出了相应的预报判据。

(2)日本降水预报传真图。由于日本气象厅数值模式的降水预报目前无格点资料,只有传真图,在传真图(FSFE02、FSFE03)上利用等雨量线法也可得到三峡区间的日面雨量预报值。其方法是首先确定三峡区间的大致范围($29\sim 32^\circ\text{N}$ 、 $106\sim 112^\circ\text{E}$),然后取等雨量线通过该区间的最大值与最小值之和的平均值;或在该区间的最大值降水中心与最小等雨量线之和的平均值作为三峡区间12~36小时面雨量的预报值。

(3)MAPS模式方法。以MAPS(武汉暴雨研究所研制的有限区域业务数值预报模式)的降水预报为基础,确定三峡区间内所辖格点数,则三峡区间某时段的面雨量预报值等于该时段内所有格点雨量之和除以格点总数。

(4)人工神经网络方法。该方法使用的人工神经网络预报日面雨量的模型是前向型(BP)神经网络,只含有一个隐含层,输入节点是三峡区间T106、HLAFS、MAPS某时段的面雨量预报值及欧洲中心500hPa高度预报场($20\sim 45^\circ\text{N}$ 、 $95\sim 125^\circ\text{E}$)自然正交展开的前6个模态的系数,输出节点数是三峡区间对应时段面雨量的预报值,网络训练样本是1997~1998年6~8月的逐日资料。

4 各种面雨量预报方法在1999年汛期的应用情况

1999年6月16日~8月15日《三峡二

期工程气象保障服务》试运行期间,天气学方法、日本降水预报传真图、MAPS模式及人工神经网络方法于每天7:30(北京时)提供三峡区间(重庆至万县、万县至宜昌)当日08时~次日08时面雨量的预报。按照长江三峡总公司的只对大型降水(即日面雨量 $\geq 20\text{mm}$)过程进行考核的原则,表2列出了试验期间这四种面雨量预报方法对三峡区间大型降水的预报结果。天气学方法、日本降水预报传真图、MAPS模式均采用前一天20时资料,预报时效为12~36小时,与三峡区间08~08时的日面雨量实况相对应。人工神经网络方法使用三峡区间T106 36~60小时,HLAFS 24~48小时,MAPS模式12~36面雨量的预报值和欧洲中心48小时高度预报场制作三峡区间08~08时的日面雨量预报。

表2 4种预报方法对三峡区间大型降水的预报结果

预报方法	20~40mm				$\geq 40\text{mm}$			
	正确 次数	空报 次数	漏报 次数	TS 评分	正确 次数	空报 次数	漏报 次数	TS 评分
天气学方法					0	0	1	0/1
日本降水传真图	1	0	4	1/5	0	0	1	0/1
MAPS模式	4	5	2	4/11	1	3	0	1/4
人工神经网络	3	3	3	3/9	1	2	0	1/3

由表2可知:日本降水预报传真图、MAPS模式及人工神经网络方法对于日面雨量20~40mm的降水均有预报能力,MAPS模式预报TS评分略高;对于日面雨量 $\geq 40\text{mm}$ 的降水过程,MAPS模式和神经网络预报方法都预报出了7月15日的日面雨量68mm的降水过程,其中MAPS预报的73mm日面雨量与实况最为接近(人工神经网络方法预报的日面雨量为50mm,日本降水预报传真图预报的日面雨量仅为25mm,天气学方法漏报)。从正确、空报、漏报次数来看:无论是日面雨量20~40mm还是日面雨量 $\geq 40\text{mm}$ 的降水过程,MAPS模式预报正确次数最多,但空报次数也最多,漏报次数最少;神经网络预报方法正确次数、空报

次数比MAPS模式略少,漏报次数比MAPS模式多;日本降水预报正确次数最少,漏报次数最多,但空报次数为0,反映出日本降水预报偏弱的特点。虽然MAPS模式和神经网络方法都报出了仅有的1次日面雨量 $\geq 40\text{mm}$ 的降水过程,但MAPS模式空报次数较多。进一步的分析还发现:MAPS模式和神经网络预报方法都空报了7月5日、7月21日的两次过程,报出了7月6日、7月15日、7月16日的降水过程。这两种方法还有一定的互补性,如MAPS模式预报出了6月25日和7月7日的降水过程,而神经网络方法预报偏弱;神经网络方法报出了6月16日的降水过程,而MAPS模式预报偏弱。

文献[4]中的天气学方法在试验期没有空报现象出现,对于7月15日发生的日面雨量 $\geq 40\text{mm}$ 的天气过程,由于当时所取资料范围(30个气象测站)与目前三峡区间(20个气象测站)的不一致,7月14日20时虽然满足西来槽东移类的环流形势,但有些预报判据没达到,故没有预报日面雨量 $\geq 40\text{mm}$ 的降水。

5 面雨量预报方法的改进

5.1 天气学方法的改进

文献[4]中的天气学模型在环流形势满足的情况下出现了漏报,说明其预报判据比较严格,需要进行修改和订正。表1表明1994~1999年6~8月出现过5次日面雨量 $\geq 40\text{mm}$ 的天气过程,对这5次日面雨量 $\geq 40\text{mm}$ 的天气学模型进行重新总结,并增加日面雨量20~40mm的天气模型。

5.1.1 日面雨量 $\geq 40\text{mm}$ 的环流特征

(1) 贝加尔湖低涡(槽)转动类。在500hPa天气图(图1)上,贝加尔湖东部有一深厚冷低压,并不断转动出低槽呈阶梯槽的形式东移南下,新疆至西西伯利亚为暖高压脊,四川北部有低涡缓慢东移,而副热带高压较强,平均脊线在25~29°N。700、850hPa在四川盆地有低涡形成,强降水就发生在低涡东南部的三峡区间。

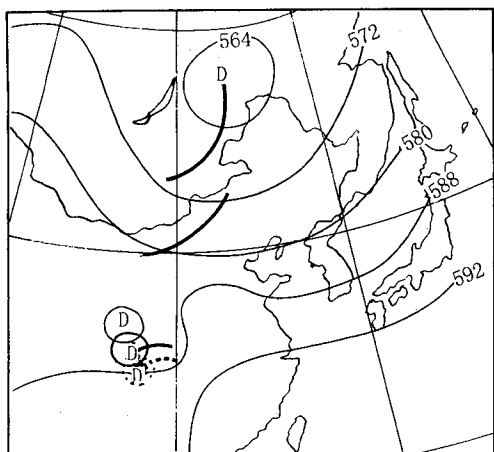


图1 贝加尔湖低涡(槽)转动类500hPa环流形势

(2) 北涡南槽类。500hPa天气图(图略)上,华北为低值区,河套地区为反气旋环流,甘肃南部至四川西北部有低涡,低涡内有冷槽向南伸展,槽后冷平流相当明显,高原高压和副高的势力相当,同时受河套地区高压的阻挡,北涡南槽在川西移动缓慢。对应700、850hPa上四川盆地有低涡存在,中低层低涡稳定少动造成三峡区间暴雨天气的发生。

5.1.2 日面雨量20~40mm的环流特征

(1) 贝加尔湖低涡(槽)转动类。这种类型大体上与日面雨量 $\geq 40\text{mm}$ 的贝加尔湖低涡(槽)转动类形势一致,不同的是500hPa西北地区只有低槽而没有低涡,700hPa有低涡无切变线或者低涡偏北,850hPa有涡无切变线或者切变线范围很大,辐合不集中,上述条件导致三峡区间降水要相对偏弱一些。

(2) 蒙古低槽(涡)类(图略)。500hPa图上表现为蒙古地区为一宽广的槽区,且不断有低槽东移,华北为高压脊区,使西风槽在东移过程中受阻,副高中心在华南沿海或副高以块状高压形式存在,700hPa冷切变位于陕南一带,850hPa四川盆地有低涡。在高空槽的引导下,地面冷空气南侵,三峡区间有较强降水发生。

(3) 华北低槽(涡)类(图略)。500hPa

天气图上华北为低值区,大陆高压控制着华中、华南地区,青藏高原暖高压脊也较强,两高之间在 $30^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 、 $100^{\circ}\sim 115^{\circ}\text{E}$ 范围内形成东北~西南向的辐合带,三峡区间处在700hPa切变线与850hPa低涡之间。高空华北低槽带动冷空气南下,与中低层暖湿气流交汇,导致三峡区间降水相对较强。

以上每种类型的天气形势下均总结出了一套12~36小时预报判据,根据MICAPS数据格式将各类预报判据进行编程,由计算机自动判断。

5.2 对MAPS模式和人工神经网络方法预报的日面雨量 $\geq 20\text{mm}$ 过程进行消空

由表2可知,MAPS模式和人工神经网络方法都存在着空报现象,通过对这两种方法预报的日面雨量 $\geq 20\text{mm}$ 的空报过程进行天气分析发现,空报主要发生在以下3种环流形势下:(1)500hPa青藏高原~四川东部受非常强大的大陆高压控制,西高东低形势明显;(2)500hPa沿海槽较深,块状大陆高压稳定控制着 35°N 以南、 105°E 以东的广大地区,而西风带冷槽不强,对大陆高压影响不大;(3)中低层湘、赣北部有低压发展,使四川盆地的低涡或切变减弱。针对上述各种形势下的空报找出了一些消空指标,且这些消空指标已经根据MICAPS数据格式编程,由计算机自动判断。

6 结语

本文介绍了三峡区间面雨量的计算方法及几种主要的面雨量预报技术,天气学方法虽然建立了日面雨量 $\geq 40\text{mm}$ 、 $20\sim 40\text{mm}$ 的天气学模型,但它不能作出具体量级的预报,从某种意义上说只是一种定性的预报。数值预报和数值预报产品释用方法可以定量预报面雨量,但存在空报和漏报现象,通过寻找消空条件可以改善预报效果。对三峡区间1999年6月16日至8月15日的日面雨量预报结果的检验表明:人工神经网络方法、MAPS模式和日本降水预报传真图对三峡区间的日面雨量 $\geq 20\text{mm}$ 的降水过程都有一定的预报能力,其中人工神经网络和MAPS

模式预报效果较好。

面雨量的计算与预报技术是个复杂的气象水文问题。将本文的方法推广至其它流域时应充分考虑其雨量站的分布密度与降水的气候分布状况,探索适合于该流域特点的预报技术。

参考文献

1 孟遂珍,彭治班等.流域平均降水量的一种算法.新一

代气象服务体系研究文集(二),1999:112~118.

- 2 董官臣,冶林茂等.面雨量在天气预报中的应用.气象,2000,26(1):9~13.
- 3 秦承平,居志刚.清江和长江上游干支流面雨量计算方法及其应用.湖北气象,1999(4):16~18.
- 4 彭春华,郑启松等.荆江致洪与三峡区间暴雨预报.空军气象学院学报,1999,16(2):152~159.
- 5 王仁乔,李武阶.日本降水预告的客观订正及三峡区间面雨量的估算.空军气象学院学报,1996,17(2):175~180.

The Forecast Methods of Area Rainfall in the Sanxia Region and Experimental Impact Analyses

Xiong Qiufen Wang Li Zheng Qisong Wang Renqiao Ke Yiming

(Wuhan Central Weather Service, 430074)

He Zhixue

(Hubei Meteorological Bureau, Wuhan 430074)

Abstract

Four kinds of approaches were introduced. They are of synoptic pattern, MAPS numerical model, artificial neural network and Japanese numerical model for forecasting area rainfall in the Sanxia region and analyses impact of the experiment during the summer in 1999. Results show that the forecasting effects are better for artificial neural network and MAPS numerical model. Finally improving measures are given for the first three kinds of approaches.

Key Words: area rainfall forecast approach numerical model forecasting artificial neural network synoptic pattern