

# 七大江河流域面雨量计算方法及应用

徐 晶 林 建 姚学祥 毕宝贵 吴 昊

(国家气象中心,北京 100081)

## 提 要

参考我国水文部门和各省气象台的做法,比较客观地确定了全国七大江河流域(松花江、辽河、海河、黄河、淮河、长江、珠江)及其支流域的边界,将全国划分为71个子流域,并实现了各支流域内计算机自动选取代表测站。同时研究了各种面雨量计算方法的优缺点,最后选定泰森多边形法为面雨量计算的主要方法。2000年6~9月在中央气象台进行了面雨量预报业务试运行,每天定时完成将24小时常规雨量资料和加密雨量资料合并作为实况资料,并将中央气象台短期降水预报指导产品24、48小时雨量预报场转换成站点降水,在此基础上计算各支流域的实况和预报面雨量,同时实现了面雨量实况和预报在MICAPS下的显示。

**关键词:** 七大江河流域 面雨量 泰森多边形法

## 引 言

防汛抗洪决策的一个重要依据是江河水位和流量的变化,而对水位和流量的预报依赖于对江河流域内面降雨量的估计。目前,我国水文部门主要用降雨实况资料计算面雨量,进而计算径流、预报水位和流量,至今没有预报的面雨量,这就限制了洪水预见期的延长。必须有准确的流域面雨量作为水文模式的初值,才可能尽量延长洪水预见期。实际上,在欧美发达国家,面雨量预报早已用于水文预报,而在我国这方面的技术研究和业务服务正处于起步阶段,有一定难度。本文对面雨量预报的计算方法及业务流程进行探讨。

### 1 面雨量的定义

面雨量是指某一特定区域或流域的平均降水状况,定义为单位面积上的降水量。面平均雨量可表示为:

$$\bar{P} = \frac{1}{A} \int_A P dA$$

$\bar{P}$  为面雨量,  $A$  为特定区域的面积,  $P$  为有限元  $dA$  上的雨量。由于流域面雨量能客观地反映该流域的降水情况,因此在分析、预报

水情变化时面雨量应用非常广泛,为水文学上的一个重要参数<sup>[1]</sup>。

### 2 面雨量计算方法

面雨量的计算方法很多,主要有逐步订正格点法<sup>[2]</sup>、三角形法<sup>[3]</sup>、算术平均法、格点法、等雨量线法、泰森多边形法<sup>[1]</sup>等。算术平均法简便易行,但仅适用于流域面积小、地形起伏不大,且测站多而分布又较为均匀的流域,秦承平等<sup>[4]</sup>利用算术平均法对清江流域和长江上游干支流域面雨量进行了探讨,结果证明对三峡区间气象测站分布较均匀,雨量资料较齐全的情况,算术平均法简单易行;格点法能较好地反映降水的连续性;等雨量线法精度高,但较多地依赖于分析技能,而且操作比较复杂,不便于日常业务使用;泰森多边形法或三角形法,考虑了各雨量站的权重,而且当测站固定不变时,各测站的权重也不变,比算术平均法更合理,精度也较高,因此应用较广。以往一直认为泰森多边形法缺乏弹性,是由于技术困难而无法根据站点变化自动更新站点权重,我们克服了这个技术难点,实现了程序自动化,能适应不同流域的站点变化。下面我们主要介绍泰森多边形法的

原理和编程处理。

泰森多边形法又叫垂直平分法或加权平均法。该方法是先求得各雨量站的面积权重系数,然后用各站点雨量与该站所占面积权重相乘后累加得到面雨量。

雨量站权重数的求法:将流域内各相邻雨量站用直线相连,作各连线的垂直平分线,这些平分线相交,把流域划分为若干个多边形,每个多边形内都有一个雨量站。设每个雨量站都以其所在的多边形为控制面积 $\Delta A$ , $\Delta A$ 与全流域的面积 $A$ 之比( $f = \frac{\Delta A}{A}$ ),即为该雨量站的权重数,流域平均面雨量为:

$$\bar{P} = f_1 P_1 + f_2 P_2 + \dots + f_n P_n$$

式中 $f_1, f_2 \dots f_n$ 分别为各雨量站用多边形面积计算的权重数; $P_1, P_2 \dots P_n$ , $\bar{P}$ 分别为各测站同时期降雨量和流域平均雨量。

用此种方法计算面雨量时考虑了测站的权重,精度较高,对测站分布不均匀的流域尤为适合。我国水利部门大多采用求积仪求取各测站的控制面积,但是在考虑的流域较多,站点也很多的情况下,所组成的多边形面积小,个数多,用求积仪求面积操作起来不方便。因此,必须实现业务自动化。在计算机上实现面雨量计算程序自动化,其技术难点在于确定环绕每一个站点的多边形的唯一性和确定任意多边形的面积。下面主要说明计算环绕各雨量站的多边形面积问题。

首先,求出该流域内某站点 $A(\text{lon}(n), \text{lat}(n))$ 与其余站点 $B(\text{lon}(i), \text{lat}(i))$ 的垂直平分线方程:由 $A, B$ 两点的坐标求出 $AB$ 的中点坐标 $C$ ,由直线 $AB$ 的斜率可求出 $AB$ 垂直平分线的斜率,再由点 $C$ 和垂直平分线的斜率求得垂直平分线方程。

其次,为了求出垂直平分线所围成的多边形的面积,以站点 $A$ 为圆心,每隔 $1^\circ$ (可任意规定)可确定一条射线,该射线与多边形的边有一个交点,这样扫描一圈就有 $360(n)$ 个交点,分别求出该站点与交点的距离,每两条距离可组成一个小三角形,把这 $360(n)$ 个小三角形的面积累加起来就等于该多边形的面积。但是,求射线与多边形的交点时实际上

是求射线与垂直平分线的交点,可能在某一方向上,射线与好几条垂直平分线都有交点,这时就必须取最短距离的交点,才能保证多边形的唯一性。

另外,对于靠近流域边界的雨量站,在靠近流域的一边没有其它站点,这时就无法构成多边形。但如果我们这时以流域边界作为多边形的一边,就可以弥补。由于流域边界是一些不规则的点组成的,这些点可能并不正好落在这些射线上,这样在这一方向上就没有该站点到边界的距离。这时如果先求出边界上相邻两点的连线,再求这个射线与连线的交点,最后就可求得在这个方向上与边界的距离。

### 3 计算方案及在 MICAPS 下的显示

我们充分借鉴了水文部门和各有关省气象台的做法,首先确定全国七大江河流域(松花江、辽河、海河、黄河、淮河、长江、珠江)及支流域的边界。

其中松花江分为三个子流域:嫩江流域、第二松花江流域、松花江干流区;辽河流域分为辽河流域、浑河流域、太子河流域等7个流域;海河流域分为7个河系和一个区;黄河流域又可分为黄河上游7段和黄河中下游4个区;淮河流域共分为9个子流域;长江流域共分为24个子流域;珠江流域共分为9个子流域。

全国共划分出71个支流域,然后充分考虑了全国山脉水系分布,在MICAPS系统中绘制出各支流域边界,并转化成地图格式(图略)。其次实现了计算机自动选取各支流域内的代表测站。然后利用泰森多边形法计算各站点在该支流域中的面积权重系数。最后,将24小时常规雨量资料和加密雨量资料合并作为实况资料求得面雨量实况,并将中央气象台短期降水预报指导产品24、48小时雨量预报场转换成站点降水预报,再利用泰森多边形法求得面雨量预报结果。并实现面雨量实况和预报在MICAPS下的显示。整个过程完全由计算机每天定时自动完成,不需人工干预。

另外,利用算术平均法,和格点法计算方案进行了实验。整个系统流程见图1。

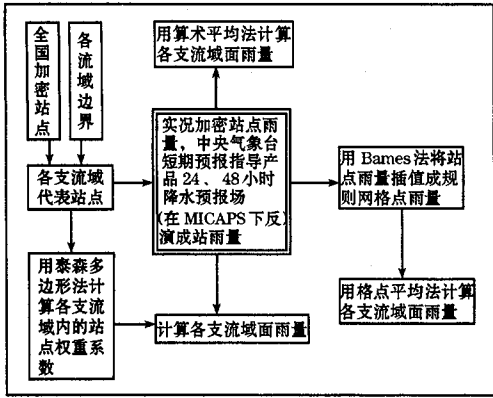


图1 全国七大江河流域面雨量计算流程

#### 4 面雨量预报方法及2000年6~8月面雨量预报和实况的对比检验

我国目前还没有比较成熟的预报流域面雨量的技术和方法,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<sup>[5,6]</sup>,随着数值天气预报的发展,又有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,主要有客观相似、灰色预测、人工神经网络方法等。熊秋芬等<sup>[7]</sup>探讨了几种面雨量预报方法的优缺点及适用性。在中央气象台,虽没有成熟的预报流域面雨量的技术和方法,但有较成熟的短期预报指导产品 24、48 小时雨量预报场,此预报综合考虑了天气学方法、数值预报结果及预报员的主观经验,具有较好的利用价值,因此我们直接将短期预报指导产品 24、48 小时雨量预报场换成站点降水预报,再利用泰森多边形法求得面雨量预报结果,这样即充分利用了中央气象台短期预报指导产品,又没有额外大量增加预报员的工作。

2000年6~9月,中央气象台面雨量预报投入业务试运行,本文针对6~8月各流域的降水情况进行了统计,比较了降水实况和面雨量实况及面雨量实况和预报。

淮河流域6月2日08时~3日08时实况雨量最大值集中在王家坝、蚌埠、洪泽湖一带,极大值超过100mm。对应实况面雨量最大值也在这一带,极大值超过90mm,这说明

该面雨量计算方法能较好地反映流域的降水情况。另外,面雨量预报与实况的峰值量级比较接近(图2),但预报落区有些偏差,24、48小时预报峰值都偏东。

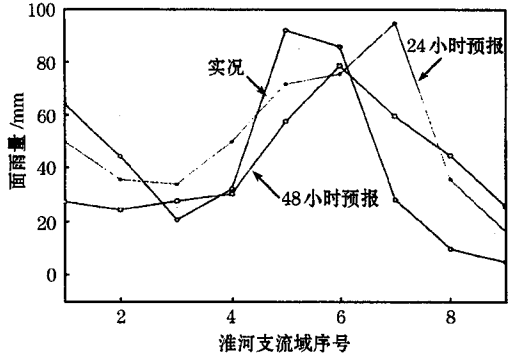


图2 2000年6月2日08时~3日08时淮河流域面雨量实况与预报

从6月10~13日珠江、长江的降水过程来看,范围较大,大雨量区集中在珠江流域的桂江、柳江及长江流域的湘江、赣江和鄱阳湖地区,与计算的面雨量实况对应较好。9日08时~10日08时面雨量预报(图3)不够稳定,但总的趋势与实况基本相符。次日,珠江流域面雨量预报峰值偏低,但长江流域预报与实况符合得非常好。11日08时~12日08时珠江流域极值落区偏西,而长江流域落区预报较好。

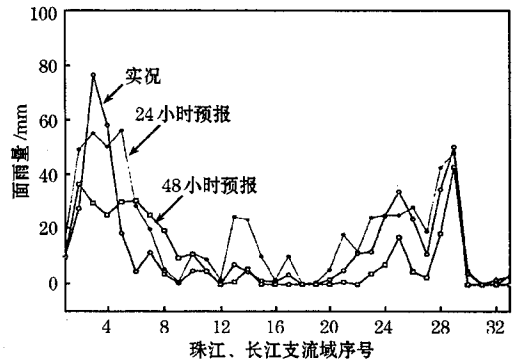


图3 2000年6月10日08时~11日08时珠江、长江流域面雨量实况与预报

此外,我们就北方辽河流域和松花江流域的两次降水过程作了对比分析:辽河和松花江流域7月17~18日(图略)降水过程中,16日08时~17日08时峰值落区预报较好,但量值预报不够稳定。17日08时~18日

08时(图略)预报普遍偏大。相比之下,8月8~11日这次降水过程预报要好得多,8日08时~9日08时(图略)峰值落区和量级预报都较好。

总之,用泰森多边形方法计算流域面雨量能客观的反映流域的降水情况。从试运行期间的面雨量预报和实况的对比可以看出,中央台的面雨量预报产品比较全面的考虑了主客观预报的结果,能够比较好的预报各支流流域面雨量,尤其对长江、珠江、淮河等流域有比较好的预报能力,但对北方的松花江和辽河流域预报能力稍差。

### 5 2000年6~8月滦河流域面雨量实况与潘家口水库入库流量的对比

从滦河流域面雨量实况与潘家口水库入库流量6~7月的对比(图4)可以看出,在此阶段,入库流量基本上只与面降水量有关,水库入库流量(因资料不全,间断点为缺资料部分)与滦河流域面雨量有滞后1~2天的对应关系。

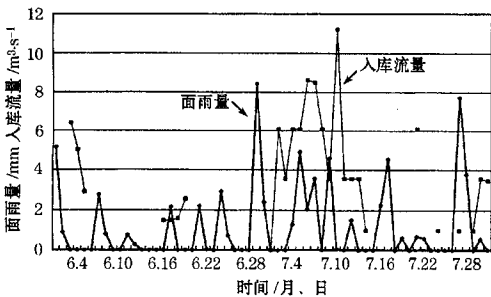


图4 2000年6~7月滦河流域面雨量与潘家口水库入库流量

滦河流域面雨量实况与潘家口水库入库流量8月的对比(图5)表明,在这一阶段,入库流量不只与面降水量有关,但仍可以看出基本上对应面雨量峰值后的一到两天入库流量也达到峰值。

### 6 结语

(1)比较客观地确定了全国七大江河流域及其流域的边界,实现了各支流流域内计算机自动选取代表测站。选定泰森多边形法为面雨量计算的主要方法,克服了技术难点,实现了泰森多边形法的程序自动化,使其能适应不同流域的站点变化。

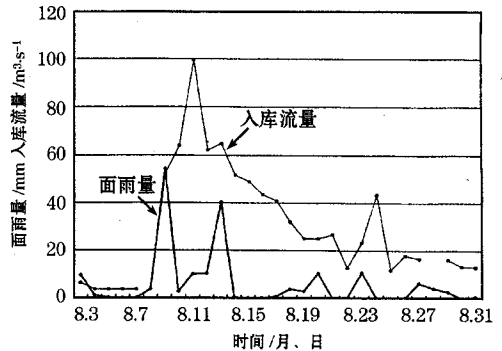


图5 2000年8月滦河流域面雨量与潘家口水库入库流量

(2)对2000年6~8月面雨量实况及预报的对比检验表明,中央气象台面雨量预报比较全面的考虑了主客观预报的结果,能够比较好的预报各支流流域面雨量。

(3)对2000年6~8月滦河流域面雨量与潘家口水库入库流量对比分析可以看出,水库入库流量与滦河流域面雨量有滞后1~2天的对应关系。

(4)七大江河流域面雨量预报工作作为一项新的业务,还有很多地方需要改进,如在面雨量预报方法及预报的检验方面、卫星资料估计降水和数值预报在面雨量预报业务中的应用方面,都需做大量工作。

### 参考文献

- 1 王名才. 大气科学常用公式. 北京:气象出版社,1994:518~519.
- 2 孟遂珍,彭治班等. 流域平均降水量的一种算法. 北京:气象出版社,新一代气象服务体系研究文集(二),1999:112~118.
- 3 董官臣,冷林茂. 面雨量在气象预报中的应用. 气象,2000,26(1):9~13.
- 4 秦承平,居志刚. 清江和长江上游干支流流域面雨量计算方法及其应用. 湖北气象,1999(4):16~18.
- 5 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.
- 6 王仁乔,李武阶. 日本降水预报的客观订正及三峡区间面雨量的估算. 空军气象预报,1999,17(2):175~180.
- 7 熊秋芬,王丽等. 三峡区间面雨量预报方法及其试验结果. 气象,2000,26(11):19~23.

(下转第51页)

# Calculating Method of Area Rainfall over Seven River Valleys and Its Application

Xu Jing Lin Jian Yao Xuexiang Bi Baogui Wu Hao

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

## Abstract

Referring to the methods of hydrological sections and meteorological observatories all over the country, the boundaries of seven great river valleys (including Changjiang River, Yellow River, Songhuajiang River, Liaohe River, Haihe River, Huaihe River and Zhujiang River) and their sub-valleys are objectively determined. The whole country is divided into 71 sub-valleys and computer automatically selects the representative stations of each sub-valley. Having studied the advantages of all kinds of methods calculating area rainfall, Taisen Polygon Method as the main method is chosen to calculate area rainfall. The tryout of area rainfall forecast was made in the Central Meteorological Observatory (CMO) during the period from June to September 2000. On the basis of timely incorporating 24-hour conventional rainfall data and intensive rainfall data as the real time data every day and converting 24-hour and 48-hour short-term rainfall forecast guiding products offered by the CMO into station rainfall, real time and forecast area rainfall of each sub-valley are calculated. And at the same time, displaying real time and forecast area rainfall under the MICAPS system is realized.

**Key Words:** Calculation method area rainfall Taisen polygon method