

# 面雨量计算方法及其在海河流域的应用

毕宝贵 徐 晶 林 建

(国家气象中心 北京 100081)

## 提 要

参考我国水文部门和省气象台的方法,比较客观地确定了华北地区海河流域及其支流(七条河系:滦河河系、北三河河系、永定河河系、大清河河系、子牙河河系、南运河河系、徒骇马颊河河系;一个区:海河下游区)的边界,实现了在各支流内计算机自动选取代表测站,计算各支流的实况和预报面雨量,对2001年汛期面雨量做了集成预报试验。另外,将2000年6~8月及2001年6~7月滦河的面雨量与潘家口水库的入库流量进行了对比分析。

关键词: 海河流域面雨量 泰森多边形法 集成预报

## 引 言

防汛抗洪决策的一个重要依据是水位和流量的变化,而对水位和流量的预报依赖于对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,从而计算径流、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。只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。在欧美一些发达国家,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则正处于起步阶段。本文对海河流域面雨量预报的计算方法和业务流程进行了初步探讨,并将2000年6~8月、2001年6~7月滦河的面雨量和潘家口水库的入库流量进行了对比分析,所得结果有利于防汛抗灾决策。

### 1 面雨量的定义

面雨量系指单位面积上的降雨量即某一特定区域或流域的平均降雨状况。面平均雨量可表示为:

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

式中  $A$  为特定区域面积,  $P$  为有限元  $dA$  上万方数据

雨量。由于流域面雨量能客观地反映该流域降雨情况,因此在分析和预报水情变化时应用非常广泛,为水文学上一个重要参数<sup>[1]</sup>。

### 2 面雨量计算方法

面雨量的计算方法很多,主要有泰森多边形法<sup>[1]</sup>、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、等雨量线法等。算术平均法简便易行,但只适用于流域面积小、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比较均匀,雨量资料较为齐全的情况下,算术平均法简便易行,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。下面我们主要介绍一下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。该法首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即得。

雨量站权重数的求法是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,每个多边形内都有且仅有一个雨量站。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。

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

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。

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多边形的唯一性和确定任意多边形的面积上。

### 3 计算方案

我们充分借鉴了水文部门和有关省气象台的方法,确定海河流域及支流域(上述七条河系和一个区)的边界。

海河流域共划分 8 个支流域,充分考虑了流域内山脉水系分布,在 MICAPS 系统中绘制出各支流域边界,并转化为地图格式(图 1)。



图 1 海河流域及各支流域分界图  
用计算机自动选取各支流域内的代表测  
— 40 万方数据

站。从子流域最低纬度开始,确定流域的两个经度边界点  $MAX\_lor(i)$  和  $MIN\_lor(i)$ , 再以小纬度间隔(如 0.25 度或更小)向高纬度方向扫描,确定每个小纬格(近似为矩形)内的加密站点。由于流域边界极不规则,又可能在同一纬度上出现 4 个或更多的经度边界,因此在横向扫描后得到的站点基础上又进行纵向选取、剔除,然后确定了 8 个子流域内的所有代表站点,最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。

### 4 2001 年 6 月面雨量集成预报和实况对比检验

为了充分利用各种方法提高对不同地区的预测能力,在同一种方法中对全国不同的站点使用不同的权重,集中各方法的优势,提高综合预报水平。本文试图用权重分布法集成中央气象台降水综合预报、T106 降水预报和 HLAFS 降水预报计算海河流域的面雨量。

权重分布法,即使用不同的权重,把历史预报效果好的给予较高权重,效果差的则相反,综合集成。

用权重分布集成法在制作第  $t$  年第  $k$  站集成预报时,先把第  $t$  年以前第  $t-1$  年各方法对该站的预报评估作为集成预报中各方法的权重,使用高于各方法平均预报评分的方法参加预报集成,淘汰那些预报水平低的方法,以保证各方法权重和为 1,加大各方法的权重比,把参加集成各方法预报评分的平方与各方法预报评分平方和的比作为各自的权重系数,即第  $t$  年  $k$  站  $j$  种方法的权重系数  $w_{t,k,j}$ ,用下式表示:

$$w_{t,k,j} = p_{t,k,j}^2 / \sum_{i=1}^N p_{t,k,i}^2$$

第  $t$  年  $k$  站集成预报值用下式表示:

$$E_{t,k} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N w_{t,k,i} \times E_{t,k,i}$$

其中  $E_{t,k,j}$  为  $t$  年  $k$  站  $j$  种方法的预报值,  $w_{t,k,j}$  为预报评分高于各方法平均水平的  $t$  年  $k$  站  $j$  种方法的权重系数,  $p_{t,k,j}$  为第  $t$  年  $k$  站  $j$  种方法的预报评分,  $N$  为预报评分高于各方法平均水平的方法数。

由于受资料限制,在这里我们仅计算了2000年汛期2500个站点的T106、HLAFS客观降水量预报及中央气象台短期主观综合降水预报指导产品中6~8月的平均TS评分。为方便操作,只计算了有无降水的TS评分。根据各站点三种主观客观降水预报的不同评分算出该站点在三种预报中所占的权重,作为面雨量集成预报的基础。

受高空槽、东北冷涡和低涡切变线的影响,2001年6月13~17日在海河流域出现了一次中到大雨、局地暴雨的降水过程。图2、图3分别给出了6月15日中央气象台指导预报、T106、HLAFS及集成的24、48小时面雨量预报和实况面雨量<sup>①</sup>(横坐标1~8代表海河流域的支流域号)。从24小时预报与实况对比分析可以看出,6月15日指导预报和T106预报的海河北支流域面雨量较实况偏大,海河南支流域面雨量较实况偏小,HLAFS对海河流域面雨量预报偏小。采用集成预报,综合了指导预报、T106和HLAFS的预报后,预报落区和峰值都与实况更为接近。48小时T106预报与实况相比过于偏大,而指导预报和HLAFS预报略微偏小(图3)。总之,各方法用于不同地区,预测能力是不同的,对于同一种方法对全国不同的站点使用不同的权重,集中了各方法的优势,可以明显地提高综合预报水平。

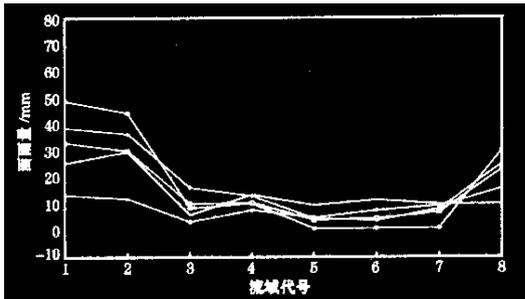


图2 2001年6月15日海河流域面雨量实况(无标记实线)与24小时指导预报(带叉实线)、T106(带空心圆)、HLAFS(带实心圆)及集成(带空心方框)

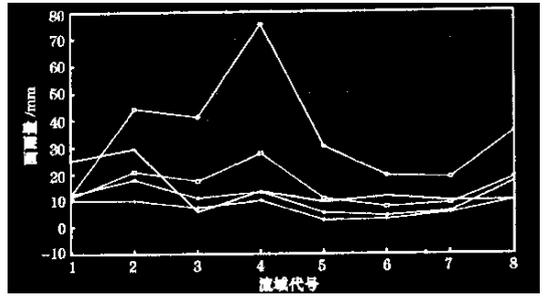


图3 2001年6月16日海河流域面雨量实况(无标记实线)与48小时指导预报(带叉实线)、T106(带空心圆)、HLAFS(带实心圆)及集成(带空心方框)

### 5 滦河流域面雨量实况与潘家口水库入库流量对比分析

从2000年6~7月滦河流域面雨量实况与潘家口水库入库流量的对比(图略)可以看出,此时入库流量与面降水量有关,水库入库流量比滦河流域面雨量滞后1~2天。

2000年8月滦河流域面雨量实况与潘家口水库入库流量对比(图4)表明,在这一阶段,入库流量不仅与面降水量有关,而且面雨量峰值出现之后1~2天入库流量便达到峰值。

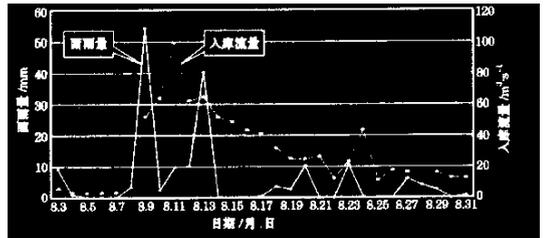


图4 2000年8月滦河流域面雨量与潘家口水库入库流量

2000年8月7日08时至9日08时,持续干旱的河北中东部、京津地区、山东西北部出现该年夏季最强的一次降雨过程,降雨量一般有30~60mm,部分地区达70~100mm,雨量大于100mm的地点有15个。滦河流域面雨量计算值为57.7mm,在两天后的11日,入库流量达到峰值(图4)。此外,8月20日和8月23日两次降水过程中,分别在1~

<sup>①</sup> 实况面雨量不是一个实测值,而是一个计算量,以下简称面雨量实况。

2 天之后潘家口入库流量亦达到峰值。

受缓慢东移的高空冷涡影响,2001 年 6 月 13~17 日海河流域出现了阵雨和雷阵雨天气,降雨量一般不足 10mm,其中,河北北部和东部、京津地区、山东中北部部分地区、辽宁西部和北部的降雨量有 15~25mm,河北、京津地区的部分地区有 30~50mm。这场降雨对于缓和海河流域的旱情很有利。滦河流域 14~16 日两天 24 小时的面雨量分别为 25mm 和 33mm。18 日 06 时滦河流域入库流量达到峰值。滦河流域在其后的 6 月 26 日~29 日和 7 月 3 日两次较大的降水过程面雨量峰值分别为 13mm 和 28mm,与之对应的滦河流域入库流量分别在 7 月 1 日 06 时和 7 月 5 日 06 时也达到峰值(图 5)。

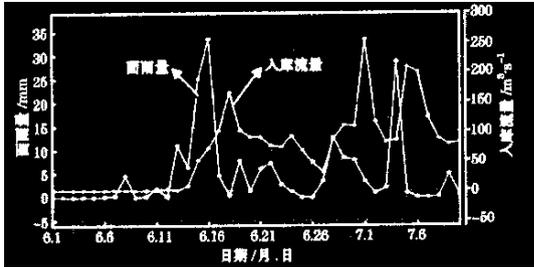


图 5 2001 年 6~7 月滦河流域面雨量与潘家口水库入库流量

总之,滦河流域的面雨量反映了该流域的面降水情况,它对流域的水库入库流量有直接影响。通常,入库流量峰值滞后面雨量

峰值 1~2 天。

### 6 小 结

(1)较为客观地确定了海河流域及其支流域的边界,实现了各支流域内代表站点在计算机上自动选取。选定了能较好地反映实际情况的泰森多边形法作为面雨量计算的主要方法,计算各支流域面雨量实况和预报,实现各支流域面雨量实况和预报在 MICAPS 中的显示。

(2)2001 年 6~7 月面雨量实况与集成预报对比检验表明,采用集成预报后,综合了降水指导预报、T106 和 HLAFS 降水预报,集中各种方法的优势,预报落区和峰值都与实况更为接近,明显地提高了综合预报水平。

(3)对 2000 年 6~8 月及 2001 年 6~7 月滦河流域面雨量与潘家口水库入库流量进行对比分析后得到,滦河流域水库入库流量与面雨量峰值存在滞后 1~2 天的对应关系。

### 参考文献

- 1 王铭才. 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,赵秀英等. 流域平均降水量的一种算法. 北京气象学院学报,2001(2):64~68.
- 3 董官臣,冶林茂,符长锋. 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域面雨量计算方法及其应用. 湖北气象,1999(4):16~18.

## Method of Area Rainfall Calculation and Its Application to Haihe Valley

Bi Baogui Xu Jing Lin Jian

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

### Abstract

Referring to the methods of hydrological and meteorological observatories, the boundaries of Haihe and its 8 sub-valleys are objectively determined and the representative stations of each sub-valley are automatically selected. An ensemble forecast method is presented and its forecast results are verified. In addition, the relationship between area rainfall and the flux into Panjiakou reservoir is given.

**Key Words** :area rainfall Taisen polygon method ensemble forecast