

# 几种流域面雨量计算方法的比较

方慈安 潘志祥 叶成志 李耨周

(湖南省气象局,长沙 410007)

## 提 要

简单介绍了计算流域面雨量的泰森多边形法和逐步订正格点法,并运用此两种方法及气象站资料的算术平均法与气象站和水文站资料的算术平均法计算了1998年(5~9月)、1999年(5~9月)及2000年(5~8月)湖南5个小流域的实况面雨量。从整体上看,几种方法的计算结果均无显著差异,但不同方法所得面雨量的逐日差异有的还是相当明显的。

**关键词:** 流域面雨量 泰森多边形 逐步订正格点法

## 引 言

流域的流量、江河的抗洪能力以及水库的蓄洪规模都与流域的平均降雨量(面雨量)密切相关,因此客观地、简便地计算面雨量具有重要的意义。本文试图通过多种计算方法的比较,为湖南省流域面雨量计算提供一种较为简捷的方法。

### 1 流域的划分

根据洞庭湖流域暴雨洪水的汇流特点,经与湖南省水文水资源勘测局研讨协商,为使气象、水文预报相结合,解决防汛抗洪、水库调度中对水文预报增长洪水预见期和提高预报精度的要求,把流域面雨量预报的流域边界及其站点的确定与水文预报中洪水汇流的区间划分相配套,洞庭湖流域面雨量预报的区域边界可划分成5区16片,具体划分情

况见表1。

洞庭湖水系是长江流域的重要组成部分,流域面积 $262823\text{km}^2$ (不包括长江三口以上面积),占长江总面积的14.6%,其中湖南省内面积 $204838\text{km}^2$ ,占全省面积的96.7%,湘、资、沅、澧四水由西、南部汇注入湖,北面淞滋、太平、藕池三口分泄长江水流,由岳阳城陵矶汇入长江,为一个纵横交错的水网区。表1中根据地理位置、防汛服务需求,把澧水、资水分成上、下游段,沅水和湘水流域面积较大,按某水库以上、以下段,或按流域的几条主要支流把整个流域分成若干片。

### 2 面雨量计算

面雨量是指某一时段内一定面积上的平均雨量,可表示为:

表1 流域分区

分区	分片	区域	气象站点 (省内+邻省)	水文 站点
洞庭湖区 及四水尾间	1 东洞庭湖及湘水尾间	东洞庭、湘水尾间(湘潭以下)、新墙河、汨罗江、捞刀河、浏阳河、沔水	9	22
	2 南洞庭湖及资水尾间	南洞庭、资水下游(安化以下)、伊水	4	9
	3 西洞庭湖及澧水尾间	西洞庭、三口、澧水下游(石门以下)、道水、溇水	5	12
澧水	4 澧水中上游	澧水干流(石门以上)、婁水、溇水	4+1	25
	5 沅水下游	沅水下游(五强溪以下)、白洋河	3	7
沅水	6 五强溪库区	五强溪库区(五强溪-辰溪)、武水	4	20
	7 凤滩库区	酉水	5+3	9
	8 沅水中游	沅水干流(辰溪-黔阳)、辰水、淑水	4+3	9
	9 沅水上游(省内)	沅水干流(黔阳-锦屏)、渠水、巫水舞水下游(新晃以下)	8+3+14	11
	10 沅水上游(贵州)	沅水干流(锦屏以上)、舞水上游(新晃以上)		/
资水	11 资水中上游	资水干流(安化以上)、夫夷水、邵水、蓼水、平溪、大洋江	10+1	28
	12 湘水中下游	湘水干流(湘潭-衡阳)、涿水、涟水、涓水、蒸水	11+1	19
湘水	13 洙水流域	洙水	4	10
	14 湘水中游	湘水干流(衡阳-永州)、祁水、白水	7	11
	15 耒水、舂陵水流域	耒水、舂陵水	10	14
	16 湘水上游	湘水干流(永州以上)、潇水	7+3	14
5区	16片	湖区、四口、四水干流及1000km <sup>2</sup> 以上的支流	95+29	220

$$\bar{R} = \frac{1}{A} \int_A R dA \quad (1)$$

式中,  $\bar{R}$  为面雨量,  $A$  为指定区域的面积,  $R$  为有限元  $dA$  上的雨量。

### 2.1 泰森多边形法

泰森多边形法又称垂直平分法或加权平均法<sup>[1]</sup>。该方法的要点是首先求得各测站的面积权重系数,即将流域内各相邻测站用直线相连,作各连线的垂直平分线,把流域划分为若干个多边形,每个多边形内都有一个测站。图1给出了洙水流域的垂直平分多边形,由此可计算得到每个多边形的面积  $\Delta A_n$ ,若小流域的总面积为  $A$ ,则每个测站的权重系数  $f_n$  为:

$$f_n = \frac{\Delta A_n}{A} \quad n = 1, 2, 3, 4 \quad (2)$$

经计算洙水流域4个测站的权重系数  $f_n$  分别为 0.251869(攸县)、0.190553(安仁)、0.198378(茶陵)及 0.359200(炎陵)。若流域内测站某日的降水为  $R_n$ ,则该流域某日的面雨量为:

$$\bar{R} = R_1 f_1 + R_2 f_2 + R_3 f_3 + R_4 f_4 \quad (3)$$

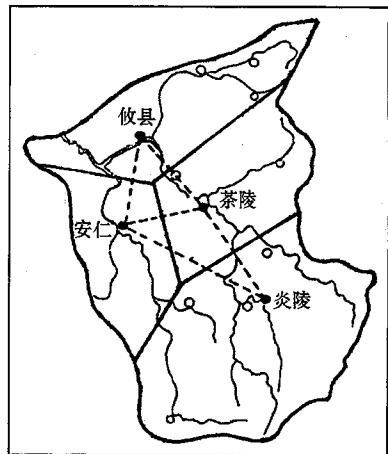


图1 洙水流域垂直平分多边形

### 2.2 逐步订正格点法

逐步订正格点法的要点是首先选择一正方形网格将流域离散化(图2的实线部分),然后以这个网格的中心点给出相同格距的另一正方形网格(图2的虚线部分);显然,只要求出实线网格中心点的降水量,就可以得到该流域的平均面雨量<sup>[2]</sup>。计算公式为:

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n R_i / n \quad (4)$$

式中： $\bar{R}$  为流域面雨量， $n$  为中心点的总个数， $R_i$  为每个中心点的雨量。 $R_i$  则可在虚线网格上用 Gressman 的逐步订正法求得。

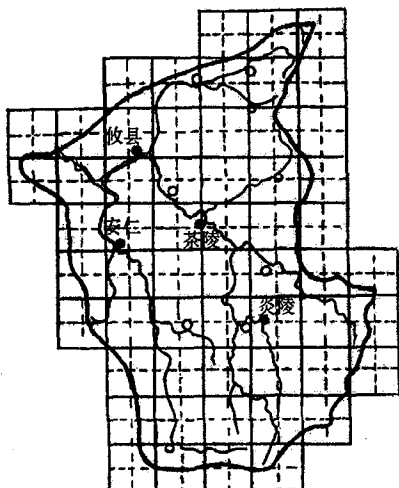


图2 划分沅水流域的网格

由于边界是不规则的，因此在边界上应略去不属该流域内的面积，一般可采用估算法，确定边界上小格流域内的面积比例，在计算时加以调用。另外，运用 Gressman 逐步订正法最好首先给出中心点的第一猜测场，第一猜测场的给定有多种方法。本文中是以测站的算术平均为第一猜测场。

### 3 计算结果分析

湖南省内气象站及水文站、湖北及重庆部分气象站的降雨资料组成计算所用的全部资料。因仅有 1998~2000 年的水文站资料，本文仅计算了 1998 和 1999 年 5~9 月、2000 年 5~8 月总计 429 天的面雨量。计算也仅限于南洞庭湖及资水尾间(第 2 片)、西洞庭湖及澧水尾间(第 3 片)、澧水中上游(第 4 片)、沅水下游(第 5 片)和湘水中游(第 14 片)。之所以只选择上述 5 个片进行计算，是因为采用逐步订正法计算其它几个区域的面雨量时，需要江西、广东、广西和贵州等周边省份的部分降雨资料。

除了采用泰森多边形法(以 T 表示)和逐步订正法(以 C 表示)外，本文还采用了气象站资料的算术平均(以 D 表示)和气象站加水文站资料的算术平均(以 W 表示)来计算上述 5 个片的面雨量。

### 3.1 4 种计算方法的整体比较

4 种计算方法的整体差异都不大，这一点在表 2 中最为明显，平均值的最大差异为 0.6mm，平均值 5 个区域平均的差异仅为 0.1~0.2mm；从表 3 和表 4 中也可看到同样的情况，4 种计算方法之间的平均相关系数都在 0.94 以上， $t$  检验的平均值都小于 0.4 ( $t_{0.5} = 0.674$ )。4 种方法中，流域小区内气象站资料的算术平均(D 方法)和泰森多边形法(T 方法)的计算结果基本无差异，其相关系数最高达 0.999，最低也有 0.986； $t$  检验的平均值仅为 0.08334，比 0.1 信度的临界值还小( $t_{0.1} = 0.126$ )。

表 2 4 种计算方法的平均值及方差(单位 mm)

	平均值				方差			
	W	D	T	C	W	D	T	C
2	7.2	7.1	7.2	7.3	76.3	76.9	78.0	76.4
3	5.3	5.8	5.8	5.9	60.1	66.7	67.2	66.4
4	7.3	6.7	6.7	6.8	71.6	69.0	69.5	70.0
5	6.6	6.4	6.6	7.0	73.8	74.5	77.8	78.8
14	4.5	4.6	4.7	4.7	44.3	46.8	47.1	48.6
平均	6.2	6.1	6.2	6.3	65.2	66.8	67.9	68.0

表 3 4 种计算方法相关系数的平均值

	WD	WT	WC	DT	DC	TC
2	0.94100	0.94800	0.91100	0.99700	0.94400	0.95300
3	0.98400	0.98600	0.97800	0.99900	0.98300	0.98400
4	0.96400	0.95600	0.96200	0.99500	0.96700	0.95300
5	0.95400	0.94800	0.95200	0.98600	0.96100	0.97700
14	0.97900	0.97600	0.94300	0.99200	0.94200	0.95300
平均	0.96440	0.96280	0.94920	0.99380	0.95940	0.96400

表 4 4 种计算方法相互间  $t$  检验

	WD	WT	WC	DT	DC	TC
2	0.13654	0.05294	0.09417	0.08321	0.23390	0.14806
3	0.60122	0.61980	0.74104	0.01944	0.13546	0.11571
4	0.54193	0.53285	0.43683	0.00502	0.10859	0.10267
5	0.19416	0.03756	0.31761	0.15234	0.50334	0.34678
14	0.18385	0.34378	0.39306	0.15670	0.20619	0.05044
平均	0.33154	0.31739	0.39654	0.08334	0.23750	0.15273

注：表 3、表 4 中 WD、WT、WC、DT、DC 及 TC 表示两种不同计算方法所得面雨量之间的统计结果，下同。

差异较为明显的是加入流域小区内水文站资料的算术平均(W 方法)和加入流域小区外气象站资料的逐步订正法，其计算结果在 2 片两者的相关系数仅为 0.911，平均值也是最小的； $t$  检验的值在 3 片高达 0.74104，大于  $t_{0.5}$ ，说明两者之间有可能是不一致的。这反映了加入不同资料会对计算结果产生较大的影响，表 4 中 WD、

WT和WC的  $t$  检验平均值明显大于DT、DC和TC的  $t$  检验平均值也说明了这一点。

我们注意到,表4中3、4片的WD、WT和WC的  $t$  检验值明显偏大,这可能和3、4片气象站的分布有关,3片的5个气象站分布在该片的北部和西部边缘;4片的5个气象站分布在该片的南部和西部边缘,且此两片的水文站又特多(分别有12和25个水文站),加入水文站资料后流域面雨量会有较大变化是完全可能的。

### 3.2 4种计算方法逐日面雨量差值的比较

虽然就整体而言4种计算方法的差异并不明显,但不同的方法所得面雨量的逐日差异还是相当明显的,其差值大于5.0mm的有10%左右,大于10.0mm也有3%左右(见表5,除DT外)。气象站资料的算术平均(D方法)和泰森多边形法(T方法)之间的逐日差异仍是最小的,两者间差值小于2.5mm的占了94.4%,即使如此,DT间的最大差值还是达到了28.5mm(见表6)。

表7分别给出了差值的平均值和差值绝对值的平均值,可见两者间的差别还是较大的,降雨的随机分布是产生差异的主要原因,

表7 4种计算方法间的平均差值(单位 mm)

	差值平均						差值绝对值平均					
	WD	WT	WC	DT	DC	TC	WD	WT	WC	DT	DC	TC
2	0.16	0.06	-0.10	-0.10	-0.26	-0.16	1.75	1.65	2.28	0.40	1.95	1.86
3	-0.53	-0.55	-0.66	-0.02	-0.13	-0.11	0.91	0.88	1.31	0.18	1.07	1.08
4	0.53	0.53	0.43	0.00	-0.10	-0.10	1.82	1.97	1.80	0.54	1.45	1.74
5	0.21	0.05	-0.34	-0.17	-0.55	-0.38	1.52	1.58	1.73	0.89	1.94	1.51
14	-0.12	0.23	-0.27	-0.11	-0.15	-0.04	0.76	0.76	1.21	0.49	1.18	1.03

## 4 小 结

①气象站资料的算术平均(D方法)、加入水文站资料的算术平均(W方法)、气象站资料的泰森多边形法(T方法)和气象站资料的逐步订正法(C方法)等方法所计算的面雨量从整体上看差异不大。但相对而言,W方法和C方法之间的差别较为明显,而D方法和T方法之间基本无差异。可见在流域雨量站点相同的条件下,不同计算方法所得到的面雨量计算结果在湖南省差异不大,而加入不同资料则会对计算结果产生较大的影响。

②从逐日面雨量的计算结果看,4种方

对3、4片而言WD、WT和WC之间的差值平均就要大得多,除随机因素外可能还和测站的分布有关。1997年7月23日5片3个气象站的降水分别为101.7mm(57661)、3.0mm(57662)和9.5mm(57663),而3站的泰森权重系数分别为0.630541、0.165097和0.204362,测站分布的不均匀及异常的降水使得气象站资料的算术平均和泰森多边形法之间产生了高达28.5mm的差值。

表5 4种计算方法间差值绝对值的分布(%)

	<1.0	<2.5	<5.0	<10.0	<25.0	<50.0
WD	72.2	84.7	92.8	97.2	99.7	100.0
WT	71.4	84.6	92.4	97.3	99.8	100.0
WC	66.1	79.8	89.7	96.4	99.7	100.0
DT	86.9	94.4	98.4	99.6	100.0	100.0
DC	70.2	82.7	90.8	96.4	99.9	100.0
TC	69.9	82.8	91.6	97.0	99.9	100.0

表6 4种计算方法间最大差值的绝对值(单位 mm)

	WD	WT	WC	DT	DC	TC
2	33.4	26.4	39.1	11.5	24.6	26.0
3	12.7	15.2	15.1	3.5	23.7	22.8
4	33.4	40.9	24.0	8.5	20.5	25.0
5	27.4	26.2	26.8	28.5	33.2	25.9
14	17.8	9.5	17.8	12.2	17.6	16.9

法间差值较大的仍占了相当一部分,极端差值则可高达30~40mm。产生差值的原因除降雨的随机分布外,还和区域内雨量站多少及其分布有关。

③由于缺乏水文站的经纬度资料,加入水文站后无法用泰森多边形法计算,否则效果可能更好。但由于T和D方法的差异很小,加之水文站点多,分布也较为均匀,因而可以认为W方法更接近真实面雨量。在没有水文站资料时,则可用T方法或D方法来计算流域内面雨量,C方法涉及流域外资料,计算较麻烦,效果却不一定理想。

(下转第42页)

(上接第 26 页)

## 参考文献

- 1 全国七大江河流域面雨量预报业务暂行规定. 中国气象局, 2002 年 4 月.
- 2 孟遂珍, 彭治班, 吴宝俊等. 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), 新一代气象服务体系研究课题组, 1999.

# Comparison of Calculation of Methods River Valley Area Rainfall

Fang Ci'an Pan Zhixiang Ye Chengzhi Li Nouzhou

(Hunan Meteorological Bureau, Changsha 410007)

## Abstract

The methods to calculate the river valley area rainfalls, such as Thiessen polygon method and successive correction method are introduced, and actual area rainfalls of five small valley areas in Hunan in 1998 (May—Sep.), 1999 (May—Sep.) and 2000 (May—Aug.) are respectively computed by these methods and arithmetical average method. As a whole, there is not notable difference, but there is a great diversity of area rainfalls day by day using different methods.

**Key Words:** area rainfall Thiessen polygon successive correction