



# 信江流域洪涝指数及其预报

陆叔鸣 熊蜀斐 张超美 王 欢

(江西省气象台, 南昌 330046)

## 提 要

采用逐日资料,把定性的降雨集中期在时间上和雨量上进行了量化,形成普遍适用的算式,并提出了雨量集中期的集中度的算式,进而建立了把雨量集中期、集中度与洪涝程度密切联系在一起的单站洪涝指数。在此基础上确定了流域雨量集中期、集中度及信江流域洪涝指数。最后,对信江流域洪涝指数作了预报试验。

**关键词:** 雨量集中期 雨量集中度 洪涝指数

## 引 言

江西省是个洪涝灾害多发的省份,但至今没有一个统一的洪涝标准。洪涝程度的描述确实是个复杂的问题,多数文献用灾情的大小、洪涝范围来反映洪涝程度;也有用降水量的大小来描述。由于灾情的大小受社会因素影响较大,也可受决堤的影响,所以有不客观的一面,而用降水量大小,相对来说较客观。一般用月、季雨量偏多的成数,也有用旬雨量大于某个值来表征洪涝程度<sup>[1]</sup>。对同一地区来说,洪涝最主要原因是连降大~暴雨,也即集中的强降雨。但雨量集中的程度怎样表示呢?江西省的洪涝往往由3~7天的连续强降水所致。若固定10天为一时段,对连续数天的和分隔在一旬两头的强降雨过程就无法区分,对于跨旬的强降雨过程又人为地将其分割,这样等于增强或减弱了降雨的集中程度。民政部门收集的灾情资料均以行政区为单位,但洪涝的发生又是和水系密切相连。因此,用逐日降水资料,按流域来制定洪涝标准是很值得研究的。

## 1 流域的洪涝标准

### 1.1 单站集中期的确定

分析1949年以来江西省83个单站逐日降雨资料,发现较明显的洪涝主要发生在4~7月,除了长江水倒灌致使鄱阳湖滨地区出现灾情外,洪涝均由较大范围的持续强降雨造成。强降水持续时间可有1~10天不同长度,日雨量也有25~400mm不等,这种持续强降水时段,我们称为降雨集中期,为了确定单站降雨集中期,我们设计了如下算式:

$$Z = \left[ \sum_{i=1}^n R_i - A(n-1) \right] / 100 \geq 1 \quad (1)$$

式(1)中  $\sum_{i=1}^n R_i$  为  $n$  天雨量和,  $n$  为强降水过程的天数,  $A$  为当地有影响的强降水的日雨量下限,不同地区可取不同的值。根据江西省历年降水情况  $A$  取为25。由式(1)可算出本地区不同长度集中期内降雨的下限值(见表1)。由表可知,所选定的1~10天内,集中期雨量随着天数延长而增加,降雨平均强度却可以随之减小。但必须是日平均为大~暴雨以上的强降水过程。集中期最短的为1天,雨量规定达100mm以上,3天规定在150mm以上,这样的强降水在当地均可造成内涝现

象,最长的9~10天的集中期,雨量规定达300mm以上,日均雨量在30mm以上。在江西省,连续5~7天的大~暴雨过程常常会形成洪涝。可见式(1)较好地表征了江西省强降水的实际情况(对一次强降水过程计算注意1~n天的Z值,取最大值对应的时段为降水集中期)。集中期越长或强度越大,就越容易发生洪涝。可以说上述公式规定的集中期是与内涝或洪涝直接相联系的。

表1 江西省单站集中期雨量下限

| 集中期<br>天数   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 下限雨量<br>/mm | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 205 | 250 | 275 | 300 | 325 |

实际上,集中期的降雨量往往大于上述下限的雨量。江西省4~7月为雨季,8~9月为少雨的干旱期,受台风影响,有的年份干旱期也有降雨集中期,但时间较短,一般不会形成洪涝。因此,只对4~7月各单站的逐日雨量按公式(1)选定集中期。

### 1.2 单站集中期强度——集中度计算

自然界降雨的时间分布是极不均匀的,即使降雨集中期雨量也是大小不一致的,也就是说集中期降雨强度差别是很大的。为了定量确定集中期降雨集中程度,我们设计了集中度 $P_j$ 的计算公式:

$$P_j = \left[ \sum_{i=1}^n R_i - B(n-1) \right] / 100 \quad (2)$$

式(2)中的 $\sum_{i=1}^n R_i$ 为n天雨量和, $R_i$ 为日降雨量,n为集中期天数,100为集中期雨量最小的下限量,B为接近当地汛期雨量最大月的历年平均日雨量,不同的地区可以取不同的值。由于江西省汛期雨量最大月历年均值为300mm左右。所以,我们取 $B=10$ 。这10mm可以认为是江西汛期安全的日雨量。 $\sum_{i=1}^n R_i$ 与这正常的雨量之差,可以看作为异常的增额,该增额可以认为是对洪涝可能的影响。

$\sum_{i=1}^n R_i$ 项越大, $P_j$ 也越大,发生洪涝可能性也越大。因此,集中度 $P_j$ 表征了某次集中期异常程度,也反映了该集中期对洪涝可能的影响。

### 1.3 信江流域洪涝指数的计算

江西省位于长江中游南岸的鄱阳湖流域,全省主要河流都汇流于鄱阳湖,然后注入长江。按水系可分为赣江、抚河、信江、鄱江、修水等五大河流。历年洪涝多发区主要在浙赣铁路东段沿线。因此,考虑到工作量,首先选择信江、抚河流域作为研究对象。信江流域有余干、余江、资溪、贵溪、弋阳、横峰、铅山、上饶、广丰、玉山10个测站,上述测站并非按行政区而按流域水系划分。

#### 1.3.1 信江流域的集中期和集中度

流域的洪涝主要与该流域的降水集中期和集中度相联系。因此首先要确定流域的降水集中期。

我们把计算出来的历年4~7月各站集中期及相应的集中度,按月填写在同一张图上,因同一次降水过程中,各站集中期的起讫日期不完全一致,而且流域中不是所有的站均出现集中期。所以,我们规定,全流域10个测站中,至少有4个站有集中期的,就以多数站的集中期时段作为流域集中时段,对未出现集中期的测站也按公式(2)计算流域集中时段内单站集中度。若流域10个站的平均集中度 $\geq 1.2$ ,则上述集中时段称为流域的集中期。达不到上述条件的,则该年流域没有集中期。当然,某一年,流域也可有多个集中期。信江流域历年各月的集中期及对应的集中度见表2。由表2可以看出,信江流域4~7月都有可能出现集中期,其中6月为频率峰值月,出现频率高达53.1%,其次为5月,出现频率达21.9%,4月和7月频率仅为12.5%。信江流域最强的集中期为1994年的6月10~17日,集中度为3.65,流域过程雨量8天平均达435mm,最弱的为1989年5月27~

28日,集中度为1.24,即2天流域平均雨量达134mm。信江流域集中期最长的为1973年6月19~28日共10天;不出现集中期的

有12年,其中1974、1986年4~6月的总雨量也很少。可见我们定义的集中期和相应的集中度是与流域洪涝有密切关系的。

表2 信江流域历年4~6月洪涝集中期、集中度及洪涝指数、洪涝等级表

| 年份   | 4月    |       | 5月     |       | 6月     |       | 7月   |       | $\frac{1}{10} \sum_{k=1}^{10} \frac{R_k}{R_K(4-6)}$ | 指数    | 等级 |
|------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|------|-------|-----------------------------------------------------|-------|----|
|      | 日期    | $P_j$ | 日期     | $P_j$ | 日期     | $P_j$ | 日期   | $P_j$ |                                                     |       |    |
| 1959 |       |       |        |       |        |       |      |       | 0.80                                                | 0.80  | 无  |
| 1960 |       |       |        |       |        |       |      |       | 0.77                                                | 0.77  | 无  |
| 1961 |       |       |        |       | 9~11   | 1.86  |      |       | 0.90                                                | 4.62  | 轻  |
| 1962 |       |       | 2~7    | 1.75  | 22~27  | 1.88  |      |       | 1.37                                                | 6.88  | 中  |
| 1963 |       |       |        |       |        |       |      |       | 0.77                                                | 0.77  | 无  |
| 1964 |       |       |        |       | 17~23  | 2.30  |      |       | 0.93                                                | 5.53  | 中  |
| 1965 |       |       |        |       |        |       |      |       | 0.77                                                | 0.77  | 无  |
| 1966 |       |       |        |       |        |       | 8~11 | 1.37  | 0.77                                                | 2.51  | 轻  |
| 1967 |       |       | 29~30  | 1.56  | 15~22  | 3.63  |      |       | 1.41                                                | 10.23 | 重  |
| 1968 |       |       |        |       |        |       | 8~11 | 2.51  | 0.94                                                | 5.96  | 中  |
| 1969 |       |       | 19~23  | 1.56  | 24~2/7 | 2.32  |      |       | 1.14                                                | 7.34  | 重  |
| 1970 | 9~10  | 1.49  |        |       | 25~28  | 1.70  |      |       | 1.24                                                | 6.13  | 中  |
| 1971 |       |       | 27~2/6 | 1.68  |        |       |      |       | 0.80                                                | 4.16  | 轻  |
| 1972 |       |       |        |       |        |       |      |       | 0.81                                                | 0.81  | 无  |
| 1973 |       |       | 30~31  | 1.43  | 19~28  | 3.55  |      |       | 1.68                                                | 10.21 | 重  |
| 1974 |       |       |        |       |        |       |      |       | 0.71                                                | 0.71  | 无  |
| 1975 | 16~18 | 1.28  | 16~20  | 1.69  |        |       |      |       | 1.55                                                | 6.21  | 中  |
| 1976 |       |       |        |       |        |       | 6~13 | 2.20  | 0.91                                                | 5.31  | 中  |
| 1977 |       |       |        |       | 8~11   | 1.23  |      |       | 1.44                                                | 5.90  | 轻  |
| 1978 |       |       |        |       | 11~14  | 1.40  |      |       | 0.79                                                | 3.59  | 轻  |
| 1979 |       |       |        |       |        |       |      |       | 0.75                                                | 0.75  | 无  |
| 1980 |       |       |        |       |        |       |      |       | 0.84                                                | 0.84  | 无  |
| 1981 | 2~5   | 1.55  |        |       |        |       |      |       | 0.81                                                | 3.91  | 轻  |
| 1982 |       |       |        |       | 14~19  | 3.20  |      |       | 0.94                                                | 7.34  | 重  |
| 1983 | 13~18 | 1.34  |        |       | 2      | 1.56  |      |       | 1.39                                                | 5.85  | 中  |
| 1984 |       |       |        |       |        |       |      |       | 0.97                                                | 0.97  | 无  |
| 1985 |       |       |        |       | 4~6    | 1.38  |      |       | 0.55                                                | 3.31  | 轻  |
| 1986 |       |       |        |       |        |       |      |       | 0.71                                                | 0.71  | 无  |
| 1987 |       |       |        |       |        |       |      |       | 0.92                                                | 0.92  | 无  |
| 1988 |       |       |        |       | 15~22  | 2.26  |      |       | 1.05                                                | 5.57  | 中  |
| 1989 |       |       | 27~28  | 1.24  | 27~4/7 | 3.50  |      |       | 1.26                                                | 9.50  | 重  |
| 1990 |       |       |        |       | 12~15  | 2.00  |      |       | 0.90                                                | 4.90  | 轻  |
| 1991 |       |       |        |       |        |       | 4~5  | 2.36  | 0.74                                                | 0.74  | 无  |
| 1992 |       |       |        |       |        |       |      |       | 0.83                                                | 5.55  | 中  |
| 1993 |       |       |        |       | 15~24  | 2.84  |      |       | 1.29                                                | 6.97  | 中  |
| 1994 |       |       |        |       | 10~17  | 3.65  |      |       | 1.26                                                | 8.56  | 重  |

### 1.3.2 流域洪涝指数

由表2可见,集中期每年多少不一,有的—年有两次集中期,有的一次都不出现。其集中度的强弱也不相同。经验表明,一次较强集中期就会形成一次高水位或洪峰,集中期次数越多,对洪涝影响越大。因此,某—年流域洪涝程度应该与集中期次数和集中度有关。

我们用下式来表示它们之间的关系。

$$BZ = \left[ \sum_{j=1}^M BP_j + \text{MAX}(BP_j) + \frac{1}{10} \sum_{k=1}^{10} \frac{R_k}{R_K(4-6)} \right] \quad (3)$$

式中: $BZ$ 为某年流域洪涝指数, $BP_j$ 为—年流域 $M$ 个集中期中第 $j$ 个集中期的集中度, $\text{MAX}(BP_j)$ 为 $M$ 个集中期中最大的一

个集中度,  $\frac{1}{10} \sum_{k=1}^{10} \frac{R_k}{R_k(4-6)}$  为该年流域 10 个测站平均 4~6 月总雨量百分率。对上式我们可以这样来理解, 流域某年洪涝指数与流域的  $M$  个集中度之和  $\sum_{j=1}^M BP_j$  成正比, 集中期越多, 集中度越大, 洪涝指数就越大。另外, 某一年的洪涝程度往往与最强的集中期的强度密切相关。为了突出最强的集中期对洪涝的影响, 式(3)中对此加了权重, 即使某年两次集中期的  $BP_j$  之和与另一年只有一次集中期的  $BP_j$  相同, 后者的洪涝程度仍重于前者。式中的第三项, 主要是为没有集中期的年份而设的, 即 4~6 月降水虽较均匀, 但雨量较大, 可起到提高水位的作用, 再则该项可使没有集中期的年份, 流域洪涝指数不为零, 使类似的年份的流域洪涝指数也有所区别。

上述公式确定的流域洪涝指数是个相对数, 我们以它们的大小, 将历年洪涝排序, 进行定量的比较。信江流域历年洪涝指数见表 2, 由表 2 可见信江流域 1967 年的洪涝指数比 1973 年的稍大, 实际情况如何呢? 这两年流域均发生了洪涝, 4~6 月总雨量 1973 年比 1967 年的大。这两年 5 月和 6 月各有一次集中期, 1973 年 5 月底, 2 天强降水, 流域平均过程雨量为 153mm, 1967 年 5 月底, 也是 2 天强降水, 流域平均过程雨量为 166mm; 1973 年 6 月中旬后期起有 10 天的集中期, 流域平均过程雨量为 445mm, 1967 年 6 月中旬中开始有 8 天的集中期, 流域平均过程雨量为 433mm。若按 4~6 月总量或流域平均过程雨量比较, 则 1973 年比 1967 年稍大, 但实况是 1967 年贵溪、铅山等县城大水进城, 而 1973 年水没有进城。这主要是 1967 年 6 月的集中期的集中度比 1973 年更强的缘故。按流域日平均雨量来看, 1973 年的为 44.5mm, 而 1967 年则为 54.2mm, 可见后者比前者雨势更强。只是 1973 年强降雨面积更大, 整个赣北、赣中均出现了连续大~暴雨。

但对信江流域来说 1967 年洪涝程度比 1973 年稍强。因此, 洪涝指数的排序是符合实际的。而对于没有集中期的 1978 年、1986 年等, 主要以 4~6 月总雨量百分率来排序, 1978 年比 1986 年的稍多, 所以指数也稍大。但它们在整個洪涝指数中占的比例很小。

根据历年流域洪涝情况, 我们将流域洪涝指数按大小分为四个等级。流域洪涝指数  $BZ \geq 7$  为严重洪涝(相当于流域平均过程雨量 5 天在 350mm 以上),  $5 \leq BZ < 7$  为中等洪涝(相当于流域平均过程雨量 5 天在 250~350mm),  $2.5 \leq BZ < 5$  为轻度洪涝(相当于流域平均过程雨量 5 天在 125~250mm),  $BZ < 2.5$  为无洪涝(相当于流域平均过程雨量 5 天在 125mm 以下)。

这样, 信江流域 1959~1994 年, 轻度洪涝有 8 年, 出现频率为 22%, 中等洪涝有 10 年, 出现频率为 28%, 严重洪涝有 6 年, 出现频率为 17%, 无洪涝年共 12 年, 频率为 33%。这表明信江流域轻度以上洪涝出现频率达 67%, 5 年中平均有 3 年出现洪涝。中等以上洪涝频率为 45%, 几乎每两年中就有一年出现中等以上洪涝。因此, 信江流域的防洪工程尤需加强。

通过上述的计算和划分, 我们可以得到反映流域洪涝程度的历年定量的洪涝指数和洪涝等级序列(见表 2), 便于进行各年洪涝的定量和定性的客观比较。

## 2 流域洪涝指数的预测

我们定量计算流域洪涝指数的目的, 除了便于进行历年洪涝的比较外, 更主要的是为了开展流域洪涝的定量预报, 以加强预报的时空精度, 提高预报服务的针对性。

### 2.1 建立预报因子库

以历年各月 500hPa 月平均高度格点资料为依据, 通过对前期各月(前 3 年各月至当年 6 月共 42 个月)的 576 个格点资料的相关系数和相关概率的计算, 把与流域洪涝指数

的相关系数通过置信度  $\alpha=0.05$ , 同时满足相关概率  $P \geq 0.70$  的成片(3个格点以上)的区域的高度选作预报因子, 再经人工挑选, 最后选出关系好的10个左右的预报因子, 组成流域洪涝指数的预报因子库。这些因子大部分相关系数置信度在0.01以上, 相关概率在0.75以上。

## 2.2 建立预报方程

在预报因子库基础上, 采用逐步回归建立了信江流域回归方程:

$$Y = 0.1478 - 0.0199X_3 - 0.0403X_7 + 0.0282X_8$$

式中  $X_3$  为前两年10月北地岛关键区高度,  $X_7$  为前一年11月博弗特海关键区高度,  $X_8$  为当年1月西欧关键区高度。该方程近几年预报(见表3)除1991年预报误差较大外,

表3 信江流域洪涝指数方程预报结果

| 年份   | 预报   |      | 实况    |      |
|------|------|------|-------|------|
|      | 洪涝指数 | 洪涝等级 | 洪涝指数  | 洪涝等级 |
| 1991 | 6.41 | 中    | 0.74  | 无    |
| 1992 | 6.96 | 中    | 5.55  | 中    |
| 1993 | 7.38 | 重    | 6.97  | 中    |
| 1994 | 8.90 | 重    | 8.56  | 重    |
| 1995 | 6.72 | 中    | 10.19 | 重    |
| 1996 | 3.20 | 轻    | 0.16  | 无    |
| 1997 | 3.57 | 轻    | 5.35  | 中    |

其余年份洪涝等级预报与实况最多相差一个等级(1995年起为独立预报)。经验表明, 目前长期预报还是以多种方法综合运用为好。因此, 还应该建立其它有物理意义因子的预报方法, 以提高预报效果。

## 3 小结

3.1 本文采用逐日降雨资料, 把过去定性的降雨集中期的概念, 在时间上和雨量上进行量化, 并形成雨量集中期、集中度的算式及其在计算机上的计算方案, 具有实际应用价值, 也便于推广。

3.2 用单站或流域洪涝指数, 把洪涝程度与降雨集中期、集中度密切联系起来, 使单站或流域洪涝指数比以旬、月或季雨量来计算的更符合客观实际。

3.3 预报单站或流域洪涝及程度, 过去均以汛期总雨量、分月雨量来推测、估计, 并没有形成直接预报工具。流域洪涝指数的预测是增强预报服务针对性的有益尝试。

3.4 流域洪涝指数预报, 以500hPa关键区高度作为因子只是初步的, 还必须寻找更多有物理意义的因子, 以进一步提高预报效果。

## 参考文献

- 1 张延亭. 根据旬雨量分片确定江西省洪涝程度. 江西气象科技, 1991, 2.

# Flood Index and Its Forecast in Xinjiang River Basin

Lu Shuming Xiong Shufei Zhang Chaomei Wang Huan

(Meteorological Observatory of Jiangxi Province, 330046)

## Abstract

The qualitative concentration period of precipitation was quantitated in time and rainfall by using daily data. General equations of concentration period and concentration degree were formed. A single station flood index was given relating to precipitation concentration period, concentration degree and flood level. On this basis, precipitation concentration period, concentration degree and the flood index in Xinjiang River basin were determined. Finally, the forecast experiments were made with the flood index in the basin.

**Key Words:** precipitation concentration period precipitation degree flood index