

# 气象洪级的划分方案及应用<sup>①</sup>

林开平<sup>1</sup> 孙崇智<sup>1</sup> 于玉斌<sup>2</sup>

(1. 广西南宁市气象局, 530022; 2 中国气象局培训中心)

## 提 要

气象洪级的划分方案与以往的洪涝等级划分不同,既要考虑流域洪涝的水文参量,又要考虑流域的面雨量等气象参量,因此气象洪级的等级大小既反映了流域中主要江河的洪涝程度,又反映了流域中大范围的强降水所引发的流域内小河流的洪涝和内涝程度。

**关键词:** 气象洪级 面雨量 洪涝

## 引 言

洪水灾害是由气象条件、各种自然环境等多种因素综合作用的结果,目前,国内外尚无统一的洪水灾害评估指标体系和洪级评估标准<sup>[1]</sup>。描述洪水的大小一直沿用洪水水位、洪峰流量、洪量或它们的重现期等要素。闵騫参考蒲氏风级的划分方法,提出了划分洪水大小的幂函数公式,以流域的超警戒水位作变量计算洪级<sup>[2]</sup>;冯利华等参考地震震级的划分方法,提出了划分洪水等级大小的对数函数公式,以一次洪水的洪量大小作变量计算洪级<sup>[3]</sup>,之后又改进为以一次洪水的总量、洪峰流量和洪水总历时作为变量计算洪级<sup>[4]</sup>;刘义国采用相同的方法,只不过是超警戒水位的大小作变量计算洪级<sup>[5]</sup>。张桂华<sup>[6]</sup>等根据洪峰水位与警戒水位和洪峰流速的大小来计算洪水的总能量,然后转换成洪水的等级。以上各种洪级的计算方法各有长处,其共同点是所用的变量均取自水文参数,所计算出的洪级只能反映所取参数的河流本

身洪水大小,无法反映流域其它支流的洪水及流域内一些地区的内涝情况。既然洪涝(包括江河的洪涝和内涝)是由流域内的强降水所造成,流域的面雨量与流域的洪涝关系密切,那么在计算流域的洪级时,除了考虑江河的水文参量外,还应考虑整个流域的面雨量等气象参量。

## 1 气象洪级的划分方案

### 1.1 参量的选取

表示江河流域洪水规模的水文特征量主要有三个:洪峰水位、最大流量和一定历时的洪量。目前大多数的洪水分级方案均采用了这3个或其中的1~2个特征量作为洪级的划分指标。与洪涝密切相关的气象特征量是流域的降水(面雨量)强度和一定历时的面雨量,这些气象特征量可通过流域内的气象站点和水文测雨站点的观测获得,几乎不受地域的限制。由于站点分布的广泛性和密集性,该两个气象特征量能较好地反映整个流域的洪涝情况。综合分析上述表征流域洪涝

<sup>①</sup> 本项目受国家科技部社会公益研究专项资金项目(37020)、国家自然科学基金(40205008)和广西自然科学基金(桂科基 0236041)资助。

规模的水文特征量和气象特征量,可以发现5个特征量之间都有一定的联系,一定历时的面雨量与一定历时的洪量所反映的本质是相同的,但前者的覆盖面更广。因此,在气象洪级的分级方案中,选取洪峰水位、最大流量、面雨量强度和一定历时的面雨量这4个特征量作为气象洪级的划分参量。

### 1.2 参量的处理

洪水的水位( $H_m$ )表征了洪水可能成灾程度。但利用洪水的超警戒水位( $\Delta H_m = H_m - H_0$ )来描述洪水可能成灾程度则更为科学。然而,不同的流域、同一流域的不同河段,甚至同一河段的不同地点,超警戒水位所表征的洪水大小还是有很大的差别,如同属珠江流域西江河段的梧州市和桂林市,超警戒水位3m对梧州来说是小洪水,而对桂林来说却是特大洪水,因此,用超警戒水位与历史上最大的超警戒水位之比表征洪水的大小

( $\Delta H = \frac{\Delta H_m}{\Delta H_{max}} = \frac{H_m - H_0}{H_{max} - H_0}$ )更有可比性。

据同样的理由,对洪峰流量、面雨量强度和一定历时的面雨量等特征量也按上述的方法进行处理,作为气象洪级划分的参量。

### 1.3 气象洪级公式的推求

结合冯利华<sup>[4]</sup>、刘义国<sup>[5]</sup>提出的洪水的等级公式,并充分考虑与洪水密切相关的气象参数——面雨量,推求出气象洪级公式:

$$N = \alpha \log[(\Delta H + 1) \times (\Delta Q_m + 1) \times (A \times \Delta R_1 + 1) \times (\Delta R_w + 1)] + \beta \quad (1)$$

式中  $N$  为气象洪级,  $\alpha, \beta$  为待定系数;

$\Delta H$ : 洪涝过程超警戒水位的相对大小:

$$\Delta H = \frac{\Delta H_m}{\Delta H_{max}} = \frac{H_m - H_0}{H_{max} - H_0} \quad (2)$$

其中:  $H_m$  为该次洪涝过程的洪峰水位,  $H_{max}$  为历史上最高的洪峰水位,  $H_0$  为警戒水位。

$\Delta Q_m$ : 洪涝过程最大流量的相对大小:

$$\Delta Q_m = \frac{\Delta Q_m}{\Delta Q_{max}} = \frac{Q_m - \bar{Q}}{Q_{max} - \bar{Q}} \quad (3)$$

其中:  $Q_m$  为最大流量,  $Q_{max}$  为历史上出现过的最大流量,  $\bar{Q}$  为平均流量。

$\Delta R_1$ : 洪涝过程中流域面雨量强度的相对大小:

$$\Delta R_1 = \frac{\Delta R_1}{\Delta R_{1max}} = \frac{R_1 - \bar{R}_1}{R_{1max} - \bar{R}_1} \quad (4)$$

其中:  $R_1$  为洪涝过程中流域最大日面雨量,  $R_{1max}$  为历史上该流域最大日面雨量,  $\bar{R}_1$  为流域平均日面雨量。  $A$  为权重系数,其取值 0.2~1.0, 取决于流域集水面积的大小和流域的地势, 一般来说, 流域集水面积越小, 流域的地势越陡,  $A$  的权重系数就越大。反之亦然。

$\Delta R_w$ : 洪涝过程中流域累计面雨量的相对大小:

$$\Delta R_w = \frac{\Delta R_w}{\Delta R_{wmax}} = \frac{R_w - \bar{R}_w}{R_{wmax} - \bar{R}_w} \quad (5)$$

其中:  $R_w$  为洪涝过程中流域累计面雨量,  $R_{wmax}$  为历史上该流域洪涝过程中最大的累计面雨量,  $\bar{R}_w$  为流域洪涝过程的平均累计面雨量。  $\Delta R_w$  间接反映了洪涝过程洪量的大小。在以往的洪涝灾害分析中, 多采用3天、5天、7天和15天的洪量<sup>[3]</sup>进行分析, 至于采用多少天主要是取决于所要研究的流域集水面积大小和洪涝过程所持续的时间。与此类似, 累计面雨量也可以采用3天、5天、7天和15天的累计面雨量, 主要也是取决于所要研究的流域集水面积的大小和洪涝过程所持续的时间。

## 2 气象洪级的应用

这里以珠江流域中最主要的支流——西江为例来说明气象洪级的计算方法和结果分析。梧州市地处西江流域的下游, 其集水面积为 329705km<sup>2</sup>, 因此选取梧州作为西江流

域的代表站。

## 2.1 气象洪级参数 $\alpha$ 、 $\beta$ 的确定

气象洪级的分级既要参照蒲氏风级的划分又要照顾人们已经习惯的洪水描述,即小洪水、中等洪水、大洪水和特大洪水等。以梧州为例,根据梧州市的防洪规定,警戒水位为 17.0m,标准内小洪水水位为 17.0~21.0m, 21.0~23.5m 为中洪水, 23.5~24.5m 为大洪水, 24.5m 以上为特大洪水。1900 年以来的 100 年中,梧州出现了 21.0m 以上的洪水有 44 年, 23.5m 以上的洪水有 20 年, 24.5m 以上的洪水有 5 年<sup>[7]</sup>。1915 年 7 月的洪涝过程洪峰水位为 27.07m(超警戒水位 10.07m),洪峰流量为  $54500\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。统计资料表明,梧州汛期的流量平均值为  $11500\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,西江流域 1960~2002 年汛期(4~9 月)出现的日面雨量最大值为 55.52mm,多年汛期平均日面雨量为 4.6mm;通过对 53 年西江流域出现的洪涝过程进行分析,并参考流域集水面积大小的因素,认为用 7 天的流域累计面雨量来表征洪量的大小较为合适,53 年中最大的 7 天累计面雨量为 186.84mm (“94.6”特大洪涝过程),平均为 30.5mm。

基于以上的分析,把西江流域的气象洪级分为 10 个等级,1~2 级为小洪级,3~4 级为中等洪级,5~6 级为大洪级,7 级以上为特大洪级。通过对梧州 12 次 22.0~23.0m 的中等洪水过程进行合成,得到  $H_m \approx 22.5\text{m}$ ,  $Q_m \approx 34000\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $R_1 \approx 26.0\text{mm}$ , 累计面雨量  $R_w$  取 7 天,  $R_7 \approx 105\text{mm}$ , 在这种情况下设定气象洪级  $N = 3$ ;对 5 次 23.5~24.5m 大洪水过程进行合成,得到  $H_m \approx 24.1\text{m}$ ,  $Q_m \approx 43000\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $R_1 \approx 38.0\text{mm}$ ,  $R_7 \approx 130\text{mm}$ , 在这种情况下设定气象洪级  $N = 6$  级;在这里,考虑到西江流域的集水面积大,式(1)中的最大日面雨量的系数  $A$  取为 0.5。将各参数代入式(1)可求得  $\alpha = 7.2$ ,  $\beta$

$= -7.7$ ,那么,

$$N = 17.2 \log [(\Delta H + 1) \times (\Delta Q_m + 1) \times (0.5 \times \Delta R_1 + 1) \times (\Delta R_w + 1)] - 7.7 \quad (6)$$

式(6)即为计算西江流域气象洪级的式子。当式(6)的计算结果小于 0 时,取  $N = 0$ ,即认为此时的气象洪级为 0。

## 2.2 气象洪级的计算及结果分析

根据式(6)计算了 1960 年以来西江流域历次洪涝过程的气象洪级(表 1 列出了部分洪涝过程)。计算结果表明,梧州洪峰水位在 19m 以上的 31 个洪涝过程中,有 3 次达到了特大气象洪级( $N$  值以四舍五入计算,下同),8 次达到了大洪级,13 次达到中等洪级,5 次达到小洪级。从表 1 中可以看出,洪峰水位的大小与气象洪级的大小并不一一对应,如“98.6”特大洪涝过程的洪峰水位(26.51m)和最大流量( $52900\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )均比“94.6”特大洪涝过程的洪峰水位(25.91m)和最大流量( $49200\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )大,然而前者的气象洪级( $N = 8.7$ )较后者的小( $N = 9.2$ )。这是因为后者的最大日面雨量(41.45mm)和 7 天累积面雨量(186.8mm)较前者的最大日面雨量(34.75mm)和 7 天累积面雨量(160.2mm)大得多。一般来说,强的面雨量强度和大的累积面雨量往往会引起流域大的洪涝出现,但是影响流域洪峰水位的因素却是很复杂的,除了流域的降水因素外,还受流域的前期土壤的含水量、前期水位、河床状况、水库的调节等因素制约。如“94.6”特大洪涝过程的面雨量强度和累积面雨量均比“98.6”的要大,而前者引起的梧州洪峰水位和流量均比后者要小,这和“94.6”特大洪涝过程中西江中游的平南、桂平等市县的一些地方曾出现漫堤和垮坝现象,造成了事实上的分洪有很大的关系。从整个西江流域的情况来看,“94.6”特大洪涝过程的受灾面积(含内涝)要比“98.6”的要大,由此可见,利用气象洪级比单纯的利用流域的洪峰水位和洪峰

流量来描述整个流域洪涝灾害的大小更为全面和客观。

表1 西江流域洪水要素与气象洪级

序号	年月	洪峰水位/m	洪峰流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	最大日雨量/mm	7天累积雨量/mm	气象洪级 N/级
1	1998.6	26.51	52900	34.75	160.2	8.7
2	1994.6	25.91	49200	41.45	186.8	9.2
3	1994.7	24.45	46000	29.50	112.2	5.6
4	1976.7	24.23	42400	34.47	177.7	7.2
5	1962.7	23.99	41800	29.93	142.6	5.9
6	1988.8	23.88	42500	36.79	141.7	6.3
7	2002.6	23.39	40800	38.23	127.9	5.6
8	1996.7	23.30	40300	31.74	92.2	4.0
9	1974.7	23.14	37400	39.20	111.8	4.7
10	2001.6	22.03	34500	31.79	130.0	3.9
11	1978.5	21.86	35500	51.74	136.6	5.2
12	2001.7	21.85	35800	43.26	133.6	4.7
13	1961.6	21.31	34300	31.20	133.9	3.6
14	1999.7	20.98	32000	29.07	130.6	3.0

### 3 结语

本文提出了采用河流的水文参量和流域的气象参量计算江河流域的气象洪级的方法和等级划分标准。利用气象洪级来描述江河流域洪涝的大小在理论上和应用上都具有较多的优点:

(1)在计算流域的气象洪级时,除了考虑江河的水文参量外,还要考虑整个流域的面雨量等气象参量。其等级的大小既反映了主河流的洪涝,又可以反映流域由于强降水所

造成内涝和流域上一些支流的洪涝状况。

(2)气象洪级公式的结构简单,计算简便。

(3)所选用的4个水文参量和气象参量都是最能反映流域洪涝灾害程度的特征量,且在洪水期间每天的洪水公告和气象实况中很容易获取。

(4)根据气象部门每天所做流域面雨量预报和对未来水位、流量的推算,可以作出气象洪级的预报。

### 参考文献

- 金菊良,金保明,杨小华等. 建立洪水灾情等级模型的实用方案. 灾害学,2000,15(2):1~6.
- 闵骞. 用等级表示洪水的大小. 水文科技情报,1993,10(1):11~13.
- 冯利华,骆高远. 洪水等级和灾情划分问题. 自然灾害学报,1996,5(3):89~92.
- 冯利华. 洪水等级和灾度的初步研究. 科学(重庆),1997:64~65.
- 刘义国. 洪水等级划分的探讨. 水文水资源,1998,19(4):27~29.
- 张桂华,潘华盛,董淑华等. 松花江、嫩江洪水等级划分标准及规律分析. 黑龙江气象,2000,3:13~16.
- 黄夏坤. 百年水文话洪灾. 广西水利水电,2001(3):16~19.

## Classification and Application of Meteorological Flood Grade

Lin Kaiping<sup>1</sup> Sun Chongzhi<sup>1</sup> Yu Yubin<sup>2</sup>

(1. Nanning Meterological Office, Guangxi Autonomous Region 530022; 2. CMA Training Center)

### Abstract

The classifications of meteorological flood grade is proposed. Different from the other Classifications of flood grade, the method includes the hydrology parameters, as well as meteorology parameters. So that, the value of meteorological flood grade could be suggested not only for describing the flood magnitude for major rivers, but also for the flood over subordinate river and the field on river valleys.

**Key Words:** meteorological flood grade area rainfall flood