

# 流域计算单元对新安江模型参数的影响研究

鄢笑宇

(江西省水利科学研究院,江西 南昌 330029)

**摘要:**新安江模型广泛应用于湿润半湿润地区,参数影响着新安江模型的模拟效果.其参数的取值也受到很多因素的影响,其中包括研究流域的划分方式对新安江模型参数的影响.本文所研究的流域为沿渡河流域,对沿渡河流域分别采取三种划分方式,对于每种划分方式下,划分得到的每个流域计算单元面积基本相等.分别对三种划分方式下的每场洪水模拟调参,最终得出与之对应的三组最优平均参数,对比分析这三组最优平均参数值的变化.从模型参数的物理意义上分析,并经上述实例的模拟和优化,得到的结论是,同一流域,计算单元划分的个数越多,其面积越小,新安江模型参数CS,CI,CG也越小.

**关键词:**计算单元;新安江模型;参数;率定

**中图分类号:**TV121+.7 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-4701(2017)01-0019-04

## 0 引言

赵人俊教授等人在20世纪60年代通过分析大量的流域产汇流数据,得出了湿润地区以蓄满产流为主,干旱地区以超渗产流为主的结论<sup>[1]</sup>,进而提出了新安江模型理论。

新安江模型被广泛地应用于湿润半湿润地区的产汇流分析计算,用该模型进行产汇流分析计算时,需依据流域的地形、地貌和水系特征以及雨量站的分布和资料情况,将流域划分成若干个计算单元,以提高计算精度(模拟效果)。流域计算单元的划分方式多种多样,传统的划分方式中,泰森多边形法很常用,这种方法的优点是划分出的流域计算单元大小合适,使得每块流域计算单元上的降雨分布相对均匀,并尽可能使流域计算单元与自然流域的地形、地貌和水系特征相一致。然而其缺点则是将各个计算单元之间的变化线性化,但实际中并非如此<sup>[2]</sup>。GIS技术可以将下垫面特性表现得与实际更切合,因此划分方式也不同于其他方式。流域计算单元的划分方式发生变化,其面积也随之改变,然而此变化又会对新安江模型参数产生影响,而且模型参数与模拟效果又息息相关。

在实际应用中,新安江模型中的各个参数都是移用

相邻流域或流域特性相似的其他流域的参数,而这种移用虽说有一定的科学依据,但在移用过程中,两个流域的划分方式不同,计算单元的个数及面积均有很大差异,此种差异将直接影响到模型参数的移用效果。以往在这类研究中并未涉及计算单元划分不同时新安江模型参数对计算精度的影响。移用的新安江模型的参数需要如何调整才能使模拟结果达到最佳,本文将就此问题展开研究,并分析得出结论。

## 1 模型参数的移用

### 1.1 参数的选择

在新安江模型的所有参数中,有的参数很敏感,而有的参数则不敏感。从以往的研究中可知,参数WM, WUM, WLM, B, C, IM为不敏感参数,一般经验定值即可,不需要优选<sup>[3,4]</sup>。而有些参数虽为敏感参数<sup>[5]</sup>,如K, SM, KG, KI, KE, XE, L,但从参数的物理意义上来说,并不会与流域的划分方式相关,因此,本次也不对其进行研究。

本次研究主要考虑与计算单元面积大小可能相关的敏感参数,而这些敏感参数的大小,也可根据理论和实践经验确定一个变动范围,详情如下:

(1) CI:壤中流消退系数,若无壤中流则CI→0,若

壤中流丰富则  $CI \rightarrow 0.9$ , 相当于汇流时间为 10 d。

(2) CG: 地下水消退系数, 不同地区、不同流域该值变化较大, 若以日作为计算时段长, 则取 0.950 ~ 0.998, 大致相当于消退历时为 20 ~ 500 d。

(3) CS: 地面径流消退系数, 可根据洪峰流量与退水段的第一个拐点(地面径流终止点)之间的退水段流量过程来分析确定。但由于这部分退水流量也只是以地面径流为主, 可能还包含一定比例的壤中流形成的流量。因此, 分析确定的 CS 值通常还要通过模型模拟来检验。

### 1.2 参数影响分析

从消退系数的物理意义上分析参数的影响, 可以看出消退系数越大, 退水的速率就越小。流域退水的快慢, 与路径的长短、土壤的渗透性、地形坡度有关。

对于同一流域, 下垫面的特性是固定不变的, 因此土壤的渗透系数不会随着流域划分计算单元面积的变化而变化。而路径的长短和坡度会随着计算单元划分方式的变化而变化。

而对于坡度而言, 坡度的分布存在着随机性, 变化规律不明显, 需要大量的数据分析, 才能定量的分析出结果。

对于路径长短而言, 流域计算单元的面积越小, 到达计算单元出口的距离就越短, 因此流量过程消退得更快。对于新安江模型, 是分别计算每个流域计算单元的流量过程线, 再通过河道演算在总流域出口相加得到最后的流量过程线。因此, 当流域计算单元面积减小时, 汇流路径变短, 地下水到达计算单元出口的时间会更短, 最终到达流域出口将更快, 也就是径流消退得更快, 消退系数也就越小。

### 1.3 模型参数的移用分析

在实际应用中, 如若要将新安江模型应用于某一流域, 参数需借鉴其他相邻流域或是流域特征相似的流域, 但若此流域的单元流域面积与所借鉴流域的单元流域面积相差比较大, 那么 CS、CI、CG 则不能盲目直接移用, 需要对其进行适当调整后才能移用。

或者对于同一流域, 单元流域划分方式变化, 若还是使用流域以前使用的新安江模型参数, 将大大降低模拟的效果。若流域计算单元面积也明显减小的话, CS、CI、CG 也要相应的减小, 才能更适用于这个流域。

## 2 实例

本文的实例研究采用的是沿渡河流域。沿渡河是

属于长江的一级支流, 位于长江上游, 在三峡河段的北部。沿渡河的气候特点是典型的南方地区, 湿润, 雨量充沛, 而下垫面特点则是土层较厚, 植被发育很好, 覆盖率极高。沿渡河的上游地段主要位于沿渡河镇的上部, 沿渡河流域的集水面积为 592 km<sup>2</sup>。研究技术路线如图 1 所示。

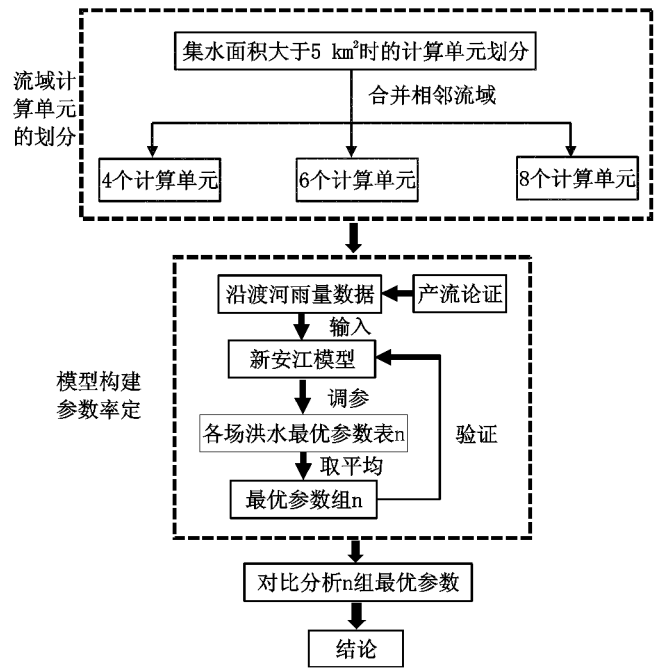


图 1 研究技术路线图

### 2.1 产流方式的论证

在气候方面, 沿渡河流域处于长江流域, 位于湿润的南方地区, 雨量充沛, 土壤长期处于湿润状态, 水量并不大, 易蓄满形成地下径流, 所以一场降雨基本属于蓄满产流机制。在下垫面的特征方面, 沿渡河流域的土壤结构疏松, 植被覆盖率高, 也属于蓄满产流机制的下垫面特征。不论是从气候, 下垫面特性, 均可以得出沿渡河流域属于蓄满产流机制, 新安江模型可以适用。

### 2.2 数据收集与整理

本研究主要采用日实测径流数据对模拟结果进行验证。在沿渡河的原始数据中有五个雨量站数据分别为板桥、堆子、送子园、下古以及沿渡河。其中沿渡河流域如图 2 所示。在图 2 中标有 ABCDE 5 个雨量站, 其中各站均有从 1981 年 6 月 23 日至 1987 年 8 月 27 日的水文数据, 总共有 30 场洪水。

研究使用的底图为全国 30 ~ 90 m 分辨率分省 DEM 影像, 运用 ArcView 水文模块, 对 DEM 数据进行

处理。



图 2 沿渡河流域雨量站分布图

最终得出三组不同划分方式,分别将流域划分成 4、6、8 个计算单元,然而在各种划分方式的图中,计算单元的面积大小相似,由于划分方式的限制,无法将流域计算单元的面积划分的完全一样,只能大致相同。

在产汇流分析计算时,流域计算单元的雨量数据分别采用距离计算单元形心最近的雨量站的数据。划分出 4 个流域计算单元时,计算单元的平均面积为 147.91 km<sup>2</sup>,面积大小在 137.19 km<sup>2</sup>到 158.92 km<sup>2</sup>之间;划分出 6 个流域计算单元时,计算单元的平均面积为 98.61 km<sup>2</sup>,面积大小在 82.17 km<sup>2</sup>到 104.89 km<sup>2</sup>之间;划分出 8 个流域计算单元时,计算单元的平均面积为 73.96 km<sup>2</sup>,面积大小在 61.23 km<sup>2</sup>到 90.68 km<sup>2</sup>之间。不论从平均面积还是面积的变化范围都可以看出,这三种划分方式中,流域计算单元的面积在依次减小,符合研究的条件。而处理后的流域计算单元不仅个数、面积发生了变化,其所代表的雨量站、权重以及河段数均发生了变化。

### 2.3 参数率定

改变沿渡河流域数据中与计算单元相关的数据,例如流域计算单元个数、权重、河段数等,并将各个计算单元的雨量数据代入。将各个流域计算单元以及各场洪水的数据输入新安江模型中,调节各种划分方式的新安江模型参数,记录模拟结果最好的一组参数。为了排除偶然性的误差,将最优参数表中的各个参数取平均值,并将所得的平均值代入新安江模型中再次运行,验证其结果是否符合要求模拟出的结果,若符合则确定为最优参数组  $n$ 。将  $n$  组参数进行对比分析,根据参数随流域计算单元面积大小的变化情况,得出结论。

依据一般经验即可定值的新安江模型不敏感参数,取值见表 1。

表 1 不敏感参数取值表

参数符号	参数名称	参数大小
WUM	上层张力水容量	25
WLM	下层张力水容量	75
C	深层蒸散发折算系数	0.17
WM	流域平均张力容量	120
B	张力水蓄水容量方次	0.3
IM	不透水面积占全流域面积的比例	0.01
EX	表层自由水蓄水容量曲线方次	1.5

与流域的划分方式无关的新安江模型参数的给定值,如表 2 所示。

表 2 敏感但不考虑参数表

参数符号	参数名称	参数大小
K	流域蒸散发折算系数	0.2
SM	表层自由水蓄水容量	25
KG	表层自由水蓄水库对地下水的日出流系数	0.5
KI	表层自由水蓄水库对壤中流的日出流系数	0.3
KE	马斯京根法演算参数	0.7
XE	马斯京根法演算参数	0.5
L	滞时	0

本次研究主要考虑与流域计算单元面积大小可能相关的敏感参数,分别为:CI - 壤中流消退系数、CG - 地下水消退系数和 CS - 地面径流消退系数。

将修改好的三种流域计算单元划分方式的相关数据导入到新安江模型中,对 30 场洪水分别进行处理,得到三组最优参数组,其中每组包含有 30 组参数,得出每场洪水的最佳参数后列入表中,并算出 30 场洪水的参数平均值,其平均值可分别得出 4 个流域计算单元、6 个流域计算单元和 8 个流域计算单元的平均参数,如表 3 所示<sup>[6]</sup>。

表 3 计算单元最优平均参数组表

划分方式	CS	CI	CG
4 个计算单元	0.86	0.89	0.98
6 个计算单元	0.83	0.84	0.94
8 个计算单元	0.78	0.81	0.83

## 2.4 结果分析

因此从这三种划分方式上来说,流域计算单元个数增多,流域计算单元面积减小,使得水流到达流域计算单元的距离变短,水流消退得更快,因此消退系数会变小。而从实际的研究结果来说,对于沿渡河流域,划分的流域计算单元个数越多,流域计算单元的面积也就越小,此时新安江模型参数的CS、CI、CG也就越小。

## 3 结语

流域计算单元的划分方式发生改变,会导致计算单元的个数以及面积发生改变。这种改变会影响模拟效果的好坏。此时根据新安江模型参数的敏感性以及物理意义,分别对每个参数进行分析,最终得出:流域计算单元划分方式发生变化,新安江模型参数CS、CI、CG的移用,其值也需要进行调整,才能使得模拟效果更好。

从参数的物理意义上分析,并经实例的模拟和优

化,可得出结论:流域划分的计算单元个数越多,计算单元的面积也就越小,此时新安江模型参数的CS、CI、CG也就越小。

## 参考文献:

- [1] 赵人俊,王佩兰,胡凤彬. 新安江模型的根据及模型参数与自然条件的关系[J]. 河海大学学报,1992(01):52~59.
- [2] 石琳,刘洋. 贝叶斯模型平均法在流域组合预报中的应用[J]. 水利科技与经济,2014(12):62~64+67.
- [3] 李胜,梁忠民. GLUE方法分析新安江模型参数不确定性的应用研究[J]. 东北水利水电,2006(02):31~33+47+72.
- [4] 杨丰源,刘惠霞,王永亮. 后湾水库以上流域下垫面变化对洪水影响分析[J]. 水文,2015(04):67~71.
- [5] 华舒愉,顾圣平,贺军,等. 三水源新安江模型参数优化及其应用[J]. 水电能源科学,2013(02):23~26+242.
- [6] 鄢笑宇. 计算单元划分对新安江模型参数影响研究[D]. 中国矿业大学,2016.

编辑:张绍付

## Study of the effect of Xinanjiang model parameter from the division of computing unit

YAN Xiaoyv

(Jiangxi Institute of Water Sciences, Nanchang 330029, China)

**Abstract:** Xinanjiang model is widely used in humid regions and sub humid regions. The parameter of Xinanjiang model has a great influence on its simulation results. What's more, there are many factors that affect the parameter of Xinanjiang model. Among them, whatever in different or in the same basins, the area of small watershed has certain effect with the parameter of Xinanjiang model. In this paper, the research is based on Yandu River, in which Yandu River basin is respectively divided into different small watersheds. There are three different ways of divisions to make the number and the areas of units changed, and in each division the area of the units were similar. Respectively for three kinds of units division under the way of the field to simulate the flood adjustable parameter, finally got three groups of optimal parameters on average. Analysis of the three group of optimal parameters change, the size of the average can be concluded that the more the number of cell division, cell size is smaller, the Xinanjiang model parameters of CS, CI, CG.

**Key words:** Small watershed; Xinan river model; Parameters; Rate constant

翻译: 鄢笑宇