

湖北荆州荆南四河中小河流站点洪水预报研究

王 军 李志辉 陈爱林

湖北省荆州市水文水资源勘测局 湖北 荆州 434000

摘要: 2020年6月至8月,受上游降水和洞庭湖水位顶托影响,荆南四河6月30日起逐步超设防,相继超警戒、超历史、超保证,荆州市水文局面对荆南四河流域影响因素多、关系复杂又无基本水文站的艰难预报条件,根据上游适时调整的调度信息和区间水雨情汇流情况,借用长江委有关水文站点监测数据,准确预测到荆州荆南四河8个中小河流水位站洪峰水位及峰值时间。

关键词: 荆南四河; 中小河流; 洪水预报; 研究

引言

2020年,面对严峻的防汛形势,荆州市水文局创新采用水情趋势分析法,结合长江水雨情形势,对荆南四河松滋河东支斑竹垱、港关、黄泗咀,松滋河西支郑公渡、虎渡河闸口(虎渡河)、洩水河法华寺等水位站点进行水位趋势预测分析,为石首市、松滋市、公安县水旱灾害防御、水工程调度和应急处置提供科学依据,填补了多年来的预报空白。

本文旨在探讨水位相关法在湖北荆州荆南四河流域洪水预报中的应用情况。通过对荆南四河概况、站点选取、资料采用、方案分析全面介绍,分析了水位相关法在该流域洪水预报中的适用性和准确性。同时,结合2020年荆南四河流域的实际情况,验证了水位相关法在洪水预报中的实际效果,并提出了进一步完善洪水预报体系的建议。本研究不仅为荆南四河流域的防洪减灾提供了科学依据,也为其他类似流域的洪水预报工作提供了有益借鉴。

1 荆南四河概况

荆南四河是松滋河、虎渡河、藕池河和调弦河的统称,位于长江中游湖北省中部的荆江河段南岸,在湖北省境内有松滋市、公安县、石首市、荆州区四个县市区的15个重点堤垸,流域总面积3471km²,总人口257.15万人,耕地面积14.13万hm²。

松滋河在大口以下分东、西二支(松滋河东支、松滋河西支)。现松滋河水系河道总长412.1km,公安县境内全长173.3km。

虎渡河的分流河口原名虎渡口,清道光年间改称太平口。虎渡河现状自太平口经黑狗垱、南闸至安乡的小河口汇入松岳合流。

藕池河口门原位于石首市藕池镇,因天心洲泥沙淤积,洲头上延15km至白沙洲,洲尾河道淤塞与人为堵筑已

丧失水流回归长江条件,洲头进口郑家河头取代藕池口。

2 站点选取

松滋河东支(斑竹垱、港关、黄泗咀)、松滋河西支(狮子口、郑公渡)、虎渡河(闸口)、藕池河(团山、江波渡)流域内8个中小河流水位站均为湖北省水文水资源中心于2013年设立。详见下图。

图中枝城、沙市、新江口、沙道观(二)、弥陀寺(二)、藕池(管)6处水文站为长江委水文荆江局所辖站点。



预报站点位置示意图

3 资料采用

本次采用流域内8处中小河流水位站和6处长江委水文荆江局管辖水文站2020年水位流量报汛资料。

2020年7月,松滋河东支、松滋河西支、虎渡河、藕池河各站点先后超警戒水位,部分站点超保证水位。松滋河西支新江口站于7月19日进入警戒,8月21日18时达最高水位45.18m;郑公渡站于7月3日进入警戒,7月8日2时达最高水位41.85m,超保证水位0.23m。松滋河东支沙道观(二)站于8月18日进入警戒,8月21日21时达最

高水位44.89m。港关站于7月19日进入警戒，7月20日14时达最高水位41.86m。虎渡河闸口（虎渡河）站于7月19日进入警戒，7月20日21时达最高水位41.32m。藕池河团山寺站于7月18日进入警戒，7月24日23时达最高水位38.17m。

4 方案分析

4.1 相应水位（流量）法

根据河段洪水波运动和变形规律，利用河段上断面的实测水位（流量），预报河段下断面未来水位（流量）的方法，称为相应水位（流量）法。用相应水位（流量）法制作预报方案时，一般不直接去研究洪水波的变形问题，而是用断面实测水位（流量）过程资料，建立上下游站同次洪水水位（流量）间的相关关系，综合反映该河段洪水波变形的各项因素。

4.1.1 基本原理

相应水位是指河段上下站同次洪水过程线上同位相的水位。处于同一位相点上下站的流量称为相应流量。河段相应水位与相应流量有直接关系，要研究河道中水位的变化规律，就应当研究形成该水位的流量变化规律^[1]。

设河段上下游两站的距离为L，t时刻的上游站流量为 $Q_{上,t}$ ，经过时间 τ 的传播，下游站的相应流量为 $Q_{下,t+\tau}$ ，若无区间入流，两者的关系为：

$$Q_{下,t+\tau} = Q_{上,t} - \Delta Q_L \quad (1)$$

式中： ΔQ_L —上下游站相应流量的差值，称为洪水波展开量，与附加比降有关。

若在 τ 时间内，河段有区间入流 q ，则下游站 $t+\tau$ 时刻形成的流量为：

$$Q_{下,t+\tau} = Q_{上,t} - \Delta Q_L + q \quad (2)$$

式（2）是相应水位（流量）法的基本方程。

4.1.2 简单的相应水位法

在无支流汇入的河段上，若河段冲淤变化不大，无回水顶托，且区间入流较小时，影响洪水波传播的因素比较单纯。此时，可根据上游站和下游站的实测水位过程线，摘录相应的特征点即洪峰水位值及其出现时间，并绘制相应洪峰水位相关曲线及其传播时间曲线，即：

$$Z_{下,t+\tau} = f(Z_{上,t}) \quad (3)$$

$$\tau = f(Z_{上,t}) \quad (4)$$

本次采用简单的相应水位法分析枝城—新江口—狮子口、枝城—新江口—郑公渡、枝城—沙道观（二）—斑竹垱、枝城—沙道观（二）—港关、枝城—沙道观（二）—黄泗咀、枝城—弥陀寺（二）—闸口（虎渡河）、沙市—藕池（管）—团山以及沙市—藕池（管）—江波渡水位相关关系。

4.2 枝城—新江口—狮子口—郑公渡

本次采用简单的相应水位法，建立枝城—新江口—狮子口和枝城—新江口—郑公渡水位相关关系。

$$Z_{狮t} = Z_{新起涨} + a \times (\sum Q_{枝t} - \sum Q_{枝起涨}) + b \times (Z_{枝t} - Z_{枝起涨}) - 1.95$$

$$Z_{郑t} = Z_{新起涨} + a \times (\sum Q_{枝t} - \sum Q_{枝起涨}) + b \times (Z_{枝t} - Z_{枝起涨}) - 3.64$$

狮子口、郑公渡、枝城、新江口实时水位： $Z_{狮t}$ 、 $Z_{郑t}$ 、 $Z_{枝t}$ 、 $Z_{新t}$ 。

当 $Z_{枝t}$ 为洪峰水位时， $Z_{新t}$ 、 $Z_{狮t}$ 、 $Z_{郑t}$ 亦为洪峰水位。

水位涨幅系数： $a = 0.0001 \sim 0.00013$ ， $a \approx 0.00012$ 。

水位涨幅系数： $b = 0.0 \sim 0.2$ ， $b \approx 0.1$ 。

狮子口、郑公渡与新江口传播时间：9h、20h。

4.3 枝城—沙道观（二）—斑竹垱—港关—黄泗咀

本次采用简单的相应水位法，建立枝城—沙道观（二）—斑竹垱、枝城—沙道观（二）—港关、枝城—沙道观（二）—黄泗咀水位相关关系。

$$Z_{斑t} = Z_{沙起涨} + a \times (\sum Q_{枝t} - \sum Q_{枝起涨}) + b \times (Z_{枝t} - Z_{枝起涨}) - 1.40$$

$$Z_{港t} = Z_{沙起涨} + a \times (\sum Q_{枝t} - \sum Q_{枝起涨}) + b \times (Z_{枝t} - Z_{枝起涨}) - 2.79$$

$$Z_{黄t} = Z_{沙起涨} + a \times (\sum Q_{枝t} - \sum Q_{枝起涨}) + b \times (Z_{枝t} - Z_{枝起涨}) - 4.79$$

斑竹垱、港关、黄泗咀、枝城、沙道观（二）实时水位： $Z_{斑t}$ 、 $Z_{港t}$ 、 $Z_{枝t}$ 、 $Z_{沙t}$ 。

当 $Z_{枝t}$ 为洪峰水位时， $Z_{沙t}$ 、 $Z_{斑t}$ 、 $Z_{港t}$ 、 $Z_{黄t}$ 亦为洪峰水位。

水位涨幅系数： $a = 0.0001 \sim 0.00013$ ， $a \approx 0.00012$ 。

水位涨幅系数： $b = 0.0 \sim 0.2$ ， $b \approx 0.1$ 。

斑竹垱、港关、黄泗咀与沙道观（二）传播时间：6h、9h、15h。

4.4 枝城—弥陀寺（二）—闸口（虎渡河）

本次采用简单的相应水位法，建立枝城—弥陀寺（二）—闸口（虎渡河）水位相关关系。

$$Z_{闸t} = Z_{弥起涨} + a \times (\sum Q_{枝t} - \sum Q_{枝起涨}) + b \times (Z_{枝t} - Z_{枝起涨}) - 1.77$$

闸口（虎渡河）、枝城、弥陀寺（二）实时水位： $Z_{闸t}$ 、 $Z_{枝t}$ 、 $Z_{弥t}$ 。

当 $Z_{枝t}$ 为洪峰水位时， $Z_{弥t}$ 、 $Z_{闸t}$ 亦为洪峰水位。

水位涨幅系数： $a = 0.0001 \sim 0.00013$ ， $a \approx 0.00012$ 。

水位涨幅系数： $b = 0.0 \sim 0.2$ ， $b \approx 0.1$ 。

闸口（虎渡河）与弥陀寺（二）传播时间：6h。

4.5 沙市—藕池（管）—团山和沙市—藕池（管）—

江波渡

本次采用简单的相应水位法，建立沙市—藕池（管）—团山、沙市—藕池（管）—江波渡水位相关关系。

$$Z_{团t} = Z_{藕起涨} + a \times (\sum Q_{沙t} - \sum Q_{藕起涨}) + b \times (Z_{沙t} - Z_{藕起涨}) - 0.93$$

$$Z_{江t} = Z_{藕起涨} + a \times (\sum Q_{沙t} - \sum Q_{藕起涨}) + b \times (Z_{沙t} - Z_{藕起涨}) - 0.91$$

团山、江波渡、沙市、藕池（管）实时水位： $Z_{团t}$ 、 $Z_{江t}$ 、 $Z_{沙t}$ 、 $Z_{藕t}$ 。

当 $Z_{沙t}$ 为洪峰水位时， $Z_{藕t}$ 、 $Z_{团t}$ 、 $Z_{江t}$ 亦为洪峰水位。

水位涨幅系数： $a = 0.0001 \sim 0.00013$ ， $a \approx 0.000115$ 。

水位涨幅系数： $b = 0.0 \sim 0.2$ ， $b \approx 0.1$ 。

团山、江波渡与藕池（管）的传播时间均为3h。

近年来，由于洞庭湖面积缩小，减弱了对长江洪水的调蓄能力。洞庭湖作为长江中游最重要的调蓄湖泊，因泥沙淤积及围垦减少容积100多亿 m^3 ^[2]，长江中游大量湖泊的消亡与萎缩使本应该由湖泊调蓄的那部分水量也因此涌入河道，加重了两岸大堤的抗洪压力，引起水位抬高。另外，荆南四口水系河网总体调蓄能力呈逐期缩减趋势。河网调蓄能力的衰减，在河道入流量相同的情况下，在丰水期河网水位上升，增大洪涝风险^[3]。

江湖萎缩，纳洪能力降低，必然导致相同水情条件下的洪水位升高，中高洪水位时间增长。

综上，松滋河西支、松滋河东支、虎渡河和藕池河下游站与上游站水位相关关系汇总如下表：

表1 松滋河、虎渡河和藕池河下游站与上游站水位相关关系汇总表

河流	上游站	下游站	水位涨幅系数		与上游站水位差 (m)	传播时间 (h)
			a	b		
松滋西东支	新江口	狮子口	0.00012	0.1	1.95	9
		郑公渡	0.00012	0.1	3.64	20
		斑竹垱	0.00012	0.1	1.40	6
松滋河东支	沙道观（二）	港关	0.00012	0.1	2.79	9
		黄泗咀	0.00012	0.1	4.79	15
虎渡河	弥陀寺（二）	闸口（虎渡河）	0.00012	0.1	1.77	6
藕池河	藕池（管）	团山	0.000115	0.1	0.93	3
		江波渡	0.000115	0.1	0.91	3

5 分析结论与对策探讨

一是通过复盘2020年7月荆南四河洪水，枝城—新江口—狮子口、枝城—新江口—郑公渡水位相关关系水位差常数分别为1.95m、3.64m；枝城—沙道观（二）—斑竹垱、枝城—沙道观（二）—港关、枝城—沙道观（二）—黄泗咀水位相关关系水位差常数分别为1.40m、2.79m、4.79m；枝城—弥陀寺（二）—闸口（虎渡河）水位相关水位差常数为1.77m；沙市—藕池（管）—团山、沙市—藕池（管）—江波渡水位相关关系水位差常数分别为0.93m、0.91m。详见上表2。

二是结合长江委枝城、沙市、新江口、沙道观（二）、弥陀寺（二）、藕池（管）6处水文站流量报汛资料分析，一般在正常畅流期相应洪水传播时间根据传播距离计算，遇下游顶托根据实际情况按1h-6h酌情延长。

三是荆南四河水系交错，防洪形势严峻复杂，有必要建立一个跨流域统筹调度、区域协同联动、水文信息

共享的联合调度机制，以应对超标准洪水不同情况下的各种极端状况。

四是本方案枝城—新江口、枝城—沙道观（二）、枝城—弥陀寺（二）、沙市—藕池（管）水位相关关系参考公安县水利和湖泊局向世郎提供的模型，关系中的参数有待进一步率定，预报分析中的常数值有待进一步通过实践检验。

参考文献

[1]叶守泽,詹道江.工程水文学（第三版）[M].北京:中国水利水电出版社,2000:118-119.
 [2]陈立德.长江中游荆江和江汉-洞庭地区防洪减灾策略[J].科技导报,2018,36(15):85-92.
 [3]李景保,于丹丹,杨波,等.长江荆南三口水系调蓄能力演变及其与水系结构的关联性[J].水资源保护,2019,35(5):19-26.