

北江洪水预报模型^{*}

侯玉¹⁾ 卓建民²⁾ 冯卫东³⁾ 郑国权¹⁾

(1) 中山大学城市与资源规划系, 广州 510275; 2) 深圳市治理深圳河办公室;
3) 广东省东江—深圳供水工程管理局)

摘要 将北江流域按区域下垫面特征进行分区, 建立起各单元区产汇流模型, 并与北江干流非恒定流体力学演算模型耦合, 形成适合北江流域洪水特点的实时洪水预报模型. 用北江“94.6”洪水验证的结果表明, 模型预报精度较高. 最后, 还指出了模型存在的问题和进一步研究的方向.

关键词 洪水预报, 模型, 北江

分类号 P 338.1

1 北江流域基本概况

北江是珠江流域的第二大河流, 其上游为浈江与武水, 浈江和武水在韶关汇合后始称为北江. 北江沿线有南水、翁江、连江、滢江、滨江、绥江等支流汇入, 至三水思贤窖与西江相遇后进入珠江三角洲网河区. 北江三水以上流域面积 4.67 万 km^2 , 干流长 468 km. 流域概况如图 1. 北江流域属亚热带湿润区, 多年平均降水量为 1300~2400 mm, 在流域中下游英德、清远一带存在着一个较稳定的暴雨中心带, 北江流域水系呈对称叶脉状分布, 洪水集流迅速, 常造成北江两岸洪水泛滥成灾. 北江流域有石灰岩、花岗岩等分布, 区域下垫面特征各异, 流域洪水特性极其复杂.

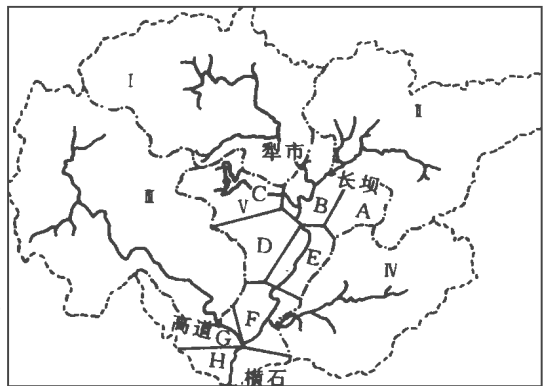


图 1 北江流域分区图

Fig. 1 Area blocking of North River watershed

2 模型总体结构

80年代以前, 北江流域的洪水预报基本上是基于河流上下游水位相关的经验基础之上, 预报水平较低. 80年代初, 广东省水利厅与欧盟合作共建北江洪水自动化测报系统^[1], 此系

* 国家自然科学基金 (49401002) 资助项目

收稿日期: 1997-10-10 侯玉, 男, 30岁, 讲师

统在处理北江韶关至横石段无水文站控制区间的产汇流过程时, 采用了三角形入流过程概化方法. 本文根据北江流域下垫面特征将流域分区, 建立各单元概念性产汇流水文模型, 并与干流非恒定流数学模型耦合形成适合北江流域洪水特点的实时洪水预报模型, 以水文学方法与水力学方法相结合制定洪水预报方案是洪水预报发展的趋势之一^[2].

将北江横石以上区域分为 5 大区, 即武江犁市以上区域 (I)、浈江长坝以上区域 (II)、连江高道以上区域 (III)、翁江长湖以上区域 (IV) 及韶关至横石之间的无控区域 (V). 进一步, V 区又划分为 8 个亚区, 即 A, B, C, D, E, F, G, H 区 (图 1).

各单元产汇流模型与北江河道水力演算模型一起构成北江洪水预报总体模型, 模型总体结构如图 2. 在 5 大区域中, I ~ III 区的出流过程集中进入北江干流, 出流过程由新安江流域水文模型模拟预报, IV 区出流过程也集中进入北江干流, 但翁江长湖流量过程按长湖水库泄放水操作规程确定¹⁾, V 区径流过程则概化为沿程均匀输入北江.

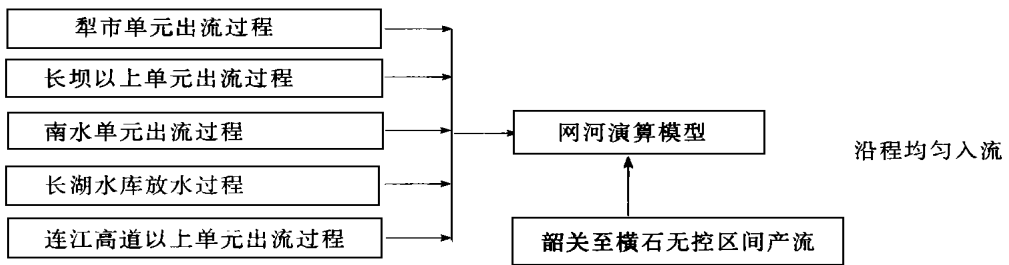


图 2 江流域洪水预报模型总体结构图

Fig. 2 General structure of the flooding forecasting model of North River Watershed

3 单元水文模型及干流水力演算模型

3.1 单元水文模型

单元出流过程由新安江流域水文模型进行模拟预报. 在无控区间产汇流过程的模拟预报中, 各亚区分别进行产汇流计算, 各亚区流量过程叠加, 即为总流量过程. 有关新安江模型的结构、计算方法等见文献 [3].

3.2 干流水力演算模型

计算范围包括武水犁市、浈江长坝下游至北江横石段. 河道概化为 107 个断面, 4 个汉点. 其中犁市至韶关站, 长湖水库至英德站各 3 个计算断面, 高道至连江口段 19 个计算断面, 韶关至横石北江干流段 79 个计算断面. 上边界条件为犁市站流量预报过程, 长坝站流量预报过程, 长湖水库的放水过程及高道站流量预报过程, 下边界条件为横石站的水位—流量关系, 中间无控区间流量过程沿程均匀输入.

河道水流控制方程为明渠一维非恒定流方程, 即圣维南方程组. 用 Presimann 隐式差分格式离散圣维南方程组, 并用普遍采用的河网非恒定流三级求解法进行求解.

将单元水文模型和河道水力学演算模型结合, 可进行连续运算. 求解方法详见文献 1).

4 模型参数率定

1968, 198 年北江流域 2 场大洪水暴雨面广、量大, 代表性较好, 选其资料进行模型

1) 广东省水文总站. 广东省区河流实时洪水预报方法研究, 1996

参数的率定. 在确定模型参数中, 考虑到水文站分布及控制情况, I 区和III区产汇流模型参数依据犁市站和高道站实测流量过程直接进行率定, 其它区域参数则依据下垫面状况移用 I、III区模型参数, 并根据干流横石站流量过程模拟预报情况做适当修正.

4.1 模型参数率定结果

武江犁市以上区域和连江高道以上区域, 出口断面分别有犁市水文站和高道水文站控制, 单元水文模型参数可由实测资料直接进行率定, II 区产汇流模型参数直接移用 I 区产汇流模型参数, V 区模型参数在 I 区参数基础上修正得到. 表 1 列出 I, III和V 区的单元产汇流模型参数率定结果.

表 1 I, II 和V 区的单元模型参数¹⁾

Tab. 1 Model parameters of area I, III and V

参数	WM mm	WUM mm	WLM mm	WDM mm	K	C	B	SM mm	EX	KG	KI	CG	CI	IPM %
I	120	10	80	30	0.95	0.18	0.30	20	2	0.35	0.35	0.80	0.35	5
II	130	10	90	30	0.95	0.15	0.30	25	2	0.38	0.38	0.80	0.33	5
V	140	20	90	30				30						

1) 表中模型参数的物理意义同文献 [3]

4.2 模拟结果分析

表 2 列出 1982 年 8 月北江流域犁市站、高道站和横石站实测流量过程和模型模拟预报结果对照情况. 从表 2 可见, 模拟预报值与实测值符合良好, 1982 年 8 月犁市站、高道站和横石站洪峰峰现时间的模拟预报结果与实际结果一致, 模拟预报流量值的误差一般都在 20% 之内, 仅洪峰值模拟预报的误差稍大.

表 2 1982 年 8 月北江流域各站实测流量与模型模拟预报结果¹⁾ m³/s

Tab. 2 Observed and forecasted flood processes at Lishi, Gaodao, Hengshi sites in August, 1982

时 间 日 时	犁市站				高道站				横石站			
	实测	计算	误差	%	实测	计算	误差	%	实测	计算	误差	%
10 02	250	228	-	8.8	355	316	-	11.0	1 730	1 557	-	10.0
10 08	241	224	-	7.1	475	437	-	8.0	1 693	1 541	-	9.0
10 14	280	260	-	7.1	462	425	-	8.0	1 770	1 611	-	9.0
10 20	374	352	-	5.9	2 375	2 209	-	7.0	2 650	2 438	-	8.0
11 02	415	390	-	6.0	2 903	2 700	-	7.0	4 370	4 020	-	8.0
11 08	543	521	-	4.1	2 950	2 773	-	6.0	5 730	5 386	-	6.0
11 14	1 288	1 236	-	4.0	2 755	2 590	-	6.0	6 200	5 828	-	6.0
11 20	2 210	2 122	-	4.0	2 517	2 366	-	6.0	6 180	5 809	-	6.0
12 02	1 820	1 765	-	3.0	3 297	3 165	-	4.0	6 030	5 729	-	5.0
12 08	2 350	2 515		7.0	5 390	5 821		8.0	6 820	7 229		6.0
12 14	2 375	2 589		9.0	6 950	7 506		8.0	10 400	11 648		12.0
12 20	2 435	2 971		22.0	7 455	8 797		18.0	14 800	17 316		17.0
13 02	2 370	2 631		11.0	7 420	8 385		13.0	17 100	17 955		5.0
13 08	2 850	2 214		- 22.3	7 190	7 909		10.0	17 900	18 437		3.0
13 14	1 770	1 876		6.0	7 108	7 677		8.0	18 000	22 320		24.0
13 20	1 635	1 700		4.0	6 940	7 426		7.0	17 720	21 264		20.0
14 02	1 650	1 650		0.0	6 650	6 916		4.0	17 100	19 323		13.0
14 08	1 650	1 617		- 2.0	6 194	6 194		0.0	16 600	16 600		0.0
14 14	1 640	1 574		- 4.0	5 708	5 594		- 2.0	15 800	15 010		- 5.0
14 20	1 540	1 448		- 6.0	5 160	5 005		- 3.0	14 700	13 524		- 8.0

1) 实测流量资料由广东省水文局提供

5 应用情况—“94 6”洪水模拟预报

5.1 “94 6”洪水概况

1994年6月中旬华南地区普降暴雨,大暴雨,局部地区出现特大暴雨,造成西北两江同时并发特大洪水,北江横石水文站6月19日18时出现23.91 m的洪峰水位,相应洪峰流量达 $17\,500\text{ m}^3/\text{s}$ 。据估计,94 6洪水为北江50 a一遇特大洪水,为建国以来北江洪水之最^①。

5.2 模型预报结果及分析

图列出了北江流域自1994年6月9~28日“94 6”洪水期间,犁市、高道站及北江干流横石站实测流量过程与提前6 h(预见期为6 h)模拟预报的洪水流量过程,3站的最大洪峰流量预报误差分别为11.%,12.%,12.%,其它时间涨水和退水期间洪水流量预报值的误差一般均在20%以内,而且,犁市站、高道站和横石站预报过程的峰现时间与实测洪水过程的峰现时间相一致,应用结果令人满意。

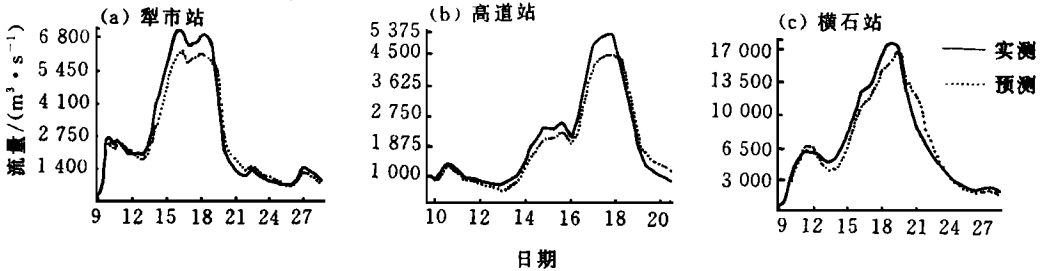


图3 北江犁市、高道和横石站(94 6)洪水实测流量过程与预报流量过程结果对比图

Fig. 3 Observed and forecasted flood processes (94 6) at Lishi, Gaodao, Hengshi sites

在本预报模型基础上,进行定时校正等研究,将进一步提高模型的模拟预报精度。另外,北江流域有石灰岩等发育,石灰岩地区的产汇流规律有其特殊性,需要进一步研究。

参 考 文 献

- 1 许扬生,曾仕康.北江“94 6”洪水特点和数学模型实时预报应用.广东水电科技,1995(3): 3~7
- 2 水利部水文水利调度中心编.第二次中美水文情报预报研讨会论文集.北京:水利水电出版社,1993
- 3 庄一鸾,林三益.水文预报.北京:水利电力出版社,1984

Flood Forecasting Model of North River Watershed

Hou Yu* Zhuo Jianmin Feng Weidong Zheng Guoquan

Abstract Based on the characteristics of the land of North River watershed, the watershed is divided into several sub-areas. Correspondingly, the rainfall-runoff models of each sub-area and the coupled unsteady flow numerical computation model form the flood-forecasting model of North River watershed. The application results show that the models are quite satisfactory. Finally, some problems which needed to be addressed on study further were pointed out.

Keywords flood forecasting, model, North River

* Department of City & Resources, Planning, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China