

DOI:10.16867/j.issn.1673-9264.2022341

钱燕, 卢康明, 陈学秋, 等. 珠江流域“2022.6”暴雨洪水复盘分析[J]. 中国防汛抗旱, 2023, 33(1): 22-26. QIAN Yan, LU Kangming, CHEN Xueqiu, et al. Review on rainstorm flood in the Pearl River basin in June 2022[J]. China Flood & Drought Management, 2023, 33(1): 22-26. (in Chinese)

# 珠江流域“2022.6”暴雨洪水复盘分析

钱 燕 卢康明 陈学秋 付宇鹏

(水利部珠江水利委员会水文局, 广州510611)

**摘要:**从降雨预报、洪水预报两方面,对珠江流域6月15—21日降雨过程和西江4号洪水、北江2号洪水过程开展复盘分析,并针对复盘分析中发现的降雨数值预报不准、水工程信息不足、预报节点划分不细等问题进行梳理总结,提出科学应用降雨预报、适时优化产汇流参数、有序细化预报方案、及时掌握水工程信息等是进一步做好珠江流域洪水预报工作的重要手段。

**关键词:**洪水复盘;洪水预报;降雨数值预报;珠江流域;2022年

中图法分类号:P338+.6

文献标识码:A

文章编号:1673-9264(2023)01-22-05

## 0 引言

2022年6月19日,西江4号洪水和北江2号洪水形成珠江第二次流域性较大洪水,北江发生了仅次于1915年的特大洪水,西江、北江洪水遭遇概率大。根据洪水预报,联合调度西江、北江流域水工程群,科学拦洪、分洪、错峰、削峰,成功避免了西江、北江洪水遭遇,并将洪水量级压减至西江、北江干流和珠江三角洲主要堤防防洪标准以内。为了更好地应用降雨数值预报,进一步提高洪水预报精度、延长预见期,对本场暴雨洪水进行复盘分析。

## 1 研究流域及资料方法

采用珠江流域实时报汛雨水情资料和模式降雨预报成果,利用洪水预报模型对2022年6月暴雨洪水开展复盘,分析降雨量较大区域降雨数值预报和重点区域洪水预报的情况。

### 1.1 研究流域

珠江流域主要由西江、北江、东江、珠江三角洲等水系组成。主干流西江发源于云南省沾益县马雄山东麓,与北

江在广东省佛山市思贤滘汇合后进入珠江三角洲,集水面积在10 000 km<sup>2</sup>以上的支流有北盘江、柳江、郁江、桂江和贺江。北江是珠江流域第二大水系,较大支流有武江、湓江、连江、绥江。东江是珠江流域第三大水系,在广东省东莞市石龙镇流入珠江三角洲。珠江三角洲是珠江流域下游的冲积平原,西江、北江、东江在此经过纵横交错的河网之后,自东向西汇集于虎门、蕉门、洪奇门、横门、磨刀门、鸡啼门、虎跳门、崖门8个口门入注南海。珠江流域主要水系河流概化图见图1。

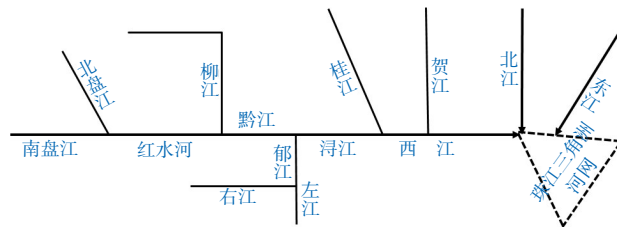


图1 珠江流域主要水系河流概化图

### 1.2 资料方法

本次洪水复盘的资料有降雨、洪水的实况和预报数据。降雨预报数据分别有中国SCMOC模式(以下简称中国

收稿日期:2022-08-11

第一作者信息:钱燕,女,正高级工程师,E-mail:302673973@qq.com。

模式)和欧洲中心 ECTHIN 模式(以下简称欧洲模式)。降雨实况数据为流域内 2 000 多个报汛雨量站点降雨量数据,洪水资料为流域内 50 多个站点实时报汛数据。

降雨量较大区域面平均降雨量由珠江水利委员会水文局研发的雨量处理系统对数据网格化后计算得到。洪水复盘分析采用的洪水预报模型主要是新安江三水源产流模型、滞后演算汇流模型和分段连续演算马斯京根河道汇流模型,模型参数通过历史多场次洪水资料率定得到。

## 2 降雨预报分析

2022 年西江 4 号洪水、北江 2 号洪水作业预报过程中,主要采用中国模式和欧洲模式降雨数值预报。本次洪水的降雨过程中心在柳江、桂江和北江,分析上述地区的降雨数值预报为典型区域,从降雨过程降雨量预报、最大 1 d、3 d 降雨量预报、不同预见期降雨预报 3 个方面进行分析。

### 2.1 过程降雨量预报

6 月 15 日,两种模式均预报出 15—21 日珠江流域中北部地区有强降雨过程,降雨中心在柳江、桂江、北江一带,两种模式降雨预报与实况降雨对比见表 1。中国模式降雨总量预报偏小 16%~37%,欧洲模式偏大 18%~29%;实际降雨中心偏东偏北,主要在桂江上中游至北江上中游一带。降雨中心的变化,导致西江洪水由预报的来源于柳江、桂江,转变为仅来源于桂江,西江洪水大幅减小;北江洪水由全流域型洪水,转变为上中游型洪水。

表 1 两种模式降雨预报与实况降雨对比

区域	实测值/ mm	中国模式		欧洲模式	
		起报时间:6月15日8时		起报时间:6月14日20时	
		预报值/mm	相对误差(%)	预报值/mm	相对误差(%)
柳江	188	159	-16	238	21
桂江	308	252	-18	399	23
北江上游	315	199	-37	383	18
北江中下游	294	243	-17	414	29

### 2.2 最大 1 d、3 d 降雨量预报

洪峰流量主要由造峰历时内的暴雨所形成<sup>[1]</sup>,最大 1 d、3 d 降雨量常常是对洪峰流量起明显作用的造峰雨量,当预报降雨落区发生偏移时,会造成最大 1 d、3 d 降雨量预报出现较大偏差。

#### 2.2.1 柳江

本次降雨过程中,柳江最大 1 d 降雨量为 6 月 19 日 51.6 mm,最大 3 d 降雨量为 19—21 日 103.5 mm。两种模式 15—19 日对柳江最大 1 d 和 3 d 降雨量预报情况详见表 2。从表 2 中可以看出,最大造峰雨发生当日两种模式预报误差均最小,如 19 日预报 19 日降雨相对误差为 -9% 和 -15%, 19—21 日降雨相对误差为 22% 和 9%。不同预见期柳江最大造峰雨预报误差的变化,带来洪水洪峰预报的较大波动。

表 2 两种降雨预报模式柳江最大 1 d、3 d 降雨量误差比较

预报日期	欧洲模式		中国模式	
	起报时间:预报日期前一天20时		起报时间:预报日期当天8时	
	最大 1 d	最大 3 d	最大 1 d	最大 3 d
15 日	-37	-32	-74	-76
16 日	50	36	-49	-60
17 日	59	84	73	34
18 日	36	57	22	15
19 日	-9	22	-15	9

#### 2.2.2 桂江

本次降雨过程中,桂江最大 1 d 降雨量为 6 月 21 日 66.5 mm,最大 3 d 降雨量为 19—21 日 164.8 mm。两种模式 15—21 日对桂江最大 1 d 降雨量和 15—19 日对桂江最大 3 d 降雨量预报情况详见表 3。从表 3 中可以看出,两种模式对桂江最大 1 d 和最大 3 d 降雨量预报整体都偏小,最大造峰雨预报偏小,致使桂江洪水洪峰预报偏小。

表 3 两种降雨预报模式桂江最大 1 d、3 d 降雨量误差比较

预报日期	欧洲模式		中国模式	
	起报时间:预报日期前一天20时		起报时间:预报日期当天8时	
	最大 1 d	最大 3 d	最大 1 d	最大 3 d
15 日	-63	-14	-87	-64
16 日	-40	21	-81	-51
17 日	-59	-18	-88	-55
18 日	-53	-23	-84	-51
19 日	-64	-44	-71	-52
20 日	-56		-32	
21 日	-64		-37	

#### 2.2.3 北江

本次降雨过程中,北江最大 1 d 降雨量为 6 月 20 日 105.1 mm,最大 3 d 降雨量为 18—20 日 233.1 mm。两种模式 15—20 日对北江最大 1 d 降雨量和 15—20 日对北江最大 3 d 降雨量预报情况详见表 4。从表 4 中可以看出,两种模式对北江最大 1 d 和最大 3 d 降雨量预报整体都偏小,最

大造峰雨预报偏小,致使北江洪水洪峰预报偏小。

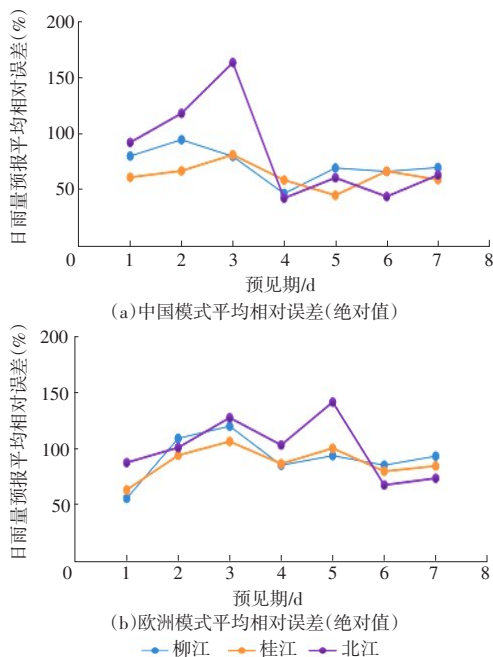
表4 两种降雨预报模式北江最大1d、3d降雨量误差比较

预报日期	欧洲模式		中国模式	
	起报时间:预报日期前一天20时		起报时间:预报日期当天8时	
	最大1d	最大3d	最大1d	最大3d
15日	-49	4	-80	-50
16日	-37	-22	-79	-43
17日	-83	-69	-96	-81
18日	-76	-63	-90	-72
19日	-79		-63	
20日	-70		-39	

### 2.3 不同预见期降雨预报

统计柳江、桂江、北江15—21日1~7d中国模式和欧洲模式预报误差(图2),可知1~3d两种模式的预报误差总体随预见期延长而增加,4~7d的预报误差并没有随预见期延长而增加。其中,欧洲模式柳江预报偏大的可能性更大,中国模式桂江、北江预报偏小的可能性更大。

本次洪水过程,两种模式均预报出柳江17—19日有持续暴雨,基本没有预报出桂江20—21日和北江上游20日的暴雨。柳江预报总体偏大,桂江、北江预报总体偏小,其中18日柳江、21日桂江和20日北江暴雨发生漏报情况。



## 3 洪水预报分析

以主要来水区柳江、桂江、北江等子流域为研究单元,

以洪水预报模型为手段<sup>[2]</sup>,以“降雨-产流-汇流-演进”为链条,对本次洪水的降雨产汇流、河道洪水演进规律进行分析。

### 3.1 重要断面洪水反演

西江洪水量级的大小受支流柳江影响较大,柳江控制站柳州集水面积45 413万km<sup>2</sup>;北江洪水主要来源于飞来峡水库以上流域,飞来峡水库集水面积34 097万km<sup>2</sup>。选取柳州和飞来峡水库作为重要断面分析本次洪水反演情况。

根据实际降雨对西江4号洪水和北江2号洪水进行洪水反演,除调整模型初始状态以消除系统性误差影响外,模型参数保持不变。对西江中下游及北江重要断面洪水进行反演,大部分断面洪峰流量反演误差小于10%,峰现时差小于6h,说明西、北江河系主要控制断面洪水预报方案适用。西江、北江重要断面反演洪水要素误差统计见表5。根据重要断面反演洪水误差,调整产汇流参数,使反演的洪水过程与实际洪水过程达到最优拟合,分析产汇流参数变化情况。

表5 西江、北江重要断面反演洪水要素误差统计

预报断面	洪峰流量相对误差(%)	峰现时间误差/h	洪量相对误差(%)	过程确定性系数
柳州	-4.27	1.2	-1.29	0.94
武宣	0.42	13.0	2.38	0.90
大湟江口	-3.02	4.0	0.42	0.91
梧州	4.41	3.6	-0.51	0.99
飞来峡	11.60	-33.0	4.41	0.84
石角	2.20	6.0	-9.08	0.82

柳江柳州站反演洪峰流量偏小、峰现时间略偏晚,针对本次洪水以干流融江为主,适当增大融水至柳州河道汇流参数 $X$ ,减小融水至柳州汇流参数 $MP$ ,以减少上游来水坦化作用和缩短上游洪水传播时间,调整后的反演洪峰流量相对误差由-4.27%减小至-0.61%,洪量相对误差由-1.29%减小至-1.11%,过程确定性系数由0.94提高至0.98。6月15—26日柳州站参数调整前后反演洪水过程见图3。

北江飞来峡水库反演洪量、洪峰流量偏大,峰现时间提前,针对本次洪水以支流连江为主,调大区间产流参数 $WM$ 、 $SM$ 和上游新韶、高道(昂坝)站演进参数 $MP$ ,调整后的反演洪峰流量相对误差由11.6%减小至-0.5%,峰现时间误差由-33h减小至-15h,洪量相对误差由4.41%减小至0.32%,过程确定性系数由0.84提高至0.98。6月15—

26日飞来峡水库参数调整前后反演入库洪水过程见图4。

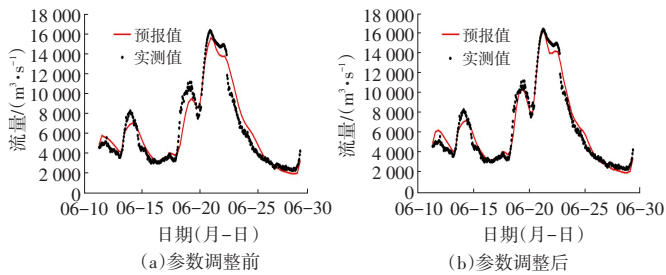


图3 柳州站反演洪水过程线

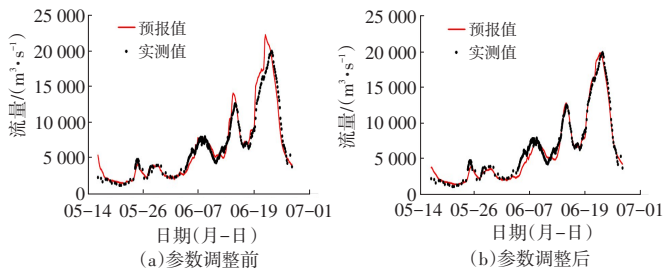


图4 飞来峡入库反演洪水过程线

### 3.2 不同预见期洪水预报

西江、北江短期洪水预报,根据未来3 d降雨预报开展。1 d预见期、3 d预见期西江、北江重要断面洪峰要素滚动预报误差统计见表6。由表6可知,大部分断面洪峰流量、洪峰水位和峰现时间的预报误差随着预见期延长有所增加。与根据实际降雨反演的结果相比,大部分断面1 d预报与反演结果相当,3 d预报误差明显大于反演误差,主要原因是降雨预报的不确定性和预见期内水库调度调整导致的误差。

表6 西江、北江重要断面不同预见期洪峰误差统计

预报断面	洪峰流量 相对误差(%)		洪峰水位 误差/m		峰现 时差/h	
	1d预见期	3d预见期	1d预见期	3d预见期	1d预见期	3d预见期
柳州	0.61	48.78	0.03	5.01	1.2	1.2
武宣	-1.67	18.75	-0.22	2.17	-5.0	19.0
大湟江口	6.47	50.43	0.54	4.66	4.0	22.0
梧州	7.94	3.82	1.35	0.67	-8.4	-8.4
飞来峡	0	-18.10	—	—	3.0	51.0
石角	8.60	-9.20	0.58	-0.68	-21.0	21.0

注:“—”表示无数据。

## 4 主要结论

综合以上对珠江6月15—21日降雨过程和西江4号

洪水、北江2号洪水过程的复盘分析可知,不同模式对不同地区的降雨预报存在差别,且具有不确定性,要在延长洪水预报预见期的前提下提高洪水预报精度存在较多制约,需要在洪水预报中做好以下相关工作。

### 4.1 科学应用降雨预报

随着气象预报技术不断发展,目前气象部门降雨数值预报产品预见期可达7~10 d,通过耦合降雨数值预报,洪水预报的预见期也可延长至7~10 d。由以上分析可知,降雨预报存在较大的不确定性,总体上1~3 d的误差随预见期缩短而减小。实际应用中,洪水预报要充分考虑降雨预报的不确定性,科学应用1~3 d较高精度的降雨预报适当延长洪水预报预见期,4~7 d的降雨预报研判洪水趋势,及时根据雨水情形势,跟踪降雨落区和强度变化,实时滚动开展洪水精细化预报,尽可能减小降雨预报不确定性带来的影响。

### 4.2 适时优化产汇流参数

由于历史洪水样本有限,且无法反映人类活动变化带来的产汇流关系变化,造成原有模型参数不完全适用。因此,为了适应产汇流和洪水演进规律的变化,提高洪水预报的可靠性,每次发生新的洪水过程后,要及时复盘暴雨洪水过程,增加洪水样本,合理调整预报模型产汇流参数,修编完善洪水预报方案。尤其对区间暴雨分布不均匀的断面,更需要加强暴雨洪水资料收集与分析,通过预报降雨过程查找历史相似的暴雨洪水过程,适时调整区间产汇流参数,并在未来的洪水过程中进一步验证产汇流参数的适用性。

### 4.3 有序细化预报方案

对于集雨面积狭长、暴雨落区不确定性较大和建有梯级水库的区域,需要根据预报站点结构、暴雨落区、区间洪水演进等方面进一步细化完善河系方案,提高洪水预报精度。针对区间暴雨分布不均匀的区域,尽量缩小无控区间范围,加强洪水量级较大支流控制站报讯监管,落实站点报讯质量和时效性,精细模拟区间产汇流变化规律。针对建有多梯级水库的区域,在水文预报模型中耦合水工程调度模块,将有调蓄功能的水库作为主要计算节点,构建“流域-干流-支流-断面”多尺度多过程耦合的全链条预报调度一体化预报方案。例如在本次洪水中北江河系预报方案的主要预报断面为飞来峡水库和石角,飞来峡水库的上游输入边界为武江犁市站、浈江新韶站、滙江滙江站、连江高

道站,石角的上游输入边界为飞来峡出库、濠江大庙峡站、滨江珠坑站,区间没有进一步细化。但浈武两江汇合至飞来峡水库区间建设有孟洲坝、白石窑梯级水电站,飞来峡水库和石角站的区间存在波罗坑分洪、濠江蓄滞洪区,这些水库调度和分蓄洪区的运用都会影响预报断面的洪水预报精度。

#### 4.4 及时掌握水工程信息

水电站调度影响,特别是洪水期间的预泄或拦蓄,改变了天然河道的洪水传播特性,影响下游断面的洪水过程、洪峰出现时间<sup>[9]</sup>。为精准预报下断面的洪峰量级和峰现时间,应及时了解上游水电站的日运行计划和洪水期间调度方案,获取更可靠的实时流量信息,完善流域河库洪水预报体系,及时对预报过程进行合理修正,实现对自然状态、调控状态洪水更加精准的管控。例如在本次洪水中,根

据实际降雨对三岔水文站进行洪水反演的洪峰流量较实测洪峰流量明显偏大,主要是洪水中柳江支流龙江上的拉浪、洛东水电站拦蓄部分洪量,消减了三岔站的洪峰流量。所以在洪水预报中要及时掌握这些梯级运用信息,获取更可靠的实时流量信息,完善柳江河系方案结构,才能提高柳州站洪峰量级和峰现时间的预报精度。

#### 参考文献

- [1] 王贵妹. 锦江水库暴雨洪水预报方案研究[J]. 水文, 2009, 29(S1): 50-52.
- [2] 章四龙. 洪水预报系统关键技术研究与实践[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [3] 熊金和, 汤成友, 姜利玲, 等. 乌江流域梯级水库洪水调度预报模式[J]. 人民长江, 2020, 51(11): 87-91.

## Review on rainstorm flood in the Pearl River basin in June 2022

QIAN Yan, LU Kangming, CHEN Xueqiu, FU Yupeng

(Bureau of Hydrology of Pearl River Water Resources Commission, Guangzhou 510611)

**Abstract:** The rainfall process from June 15 to 21 and No.4 Xijiang flood and No.2 Beijiang flood occurred in the Pearl River basin in 2022 were reviewed from two aspects of precipitation and flood forecasting, some problems found in the analysis, for example the numerical forecast of rainfall was inaccurate, the information of water project was insufficient, and the forecast nodes were not divided in detail were summarized. The relevant suggestions can provide reference for further flood forecasting work in the Pearl River basin in terms of scientific application of rainfall forecast, timely optimization of runoff generation and concentration parameters, orderly refinement of forecast schemes, and timely grape of the operation information of water conservancy projects.

**Keywords:** review of flood; flood forecasting; numerical rainfall forecast; Pearl River basin; 2022

责任编辑 杜晓鹤