

# 金沙江中游与长江中下游洪水遭遇规律分析

郑 静<sup>1</sup>, 周鹏飞<sup>2</sup>, 许银山<sup>1</sup>

(1. 长江水利委员会 水文局, 湖北 武汉 430010; 2. 水利部 综合事业局, 北京 100053)

**摘要:**按照《长江流域防洪规划》和《长江流域综合规划》的安排,金沙江中游已建及在建的6座梯级水库每年7月份共预留防洪库容17.78亿 m<sup>3</sup>,配合三峡水库进行长江中下游防洪。基于金沙江攀枝花站和长江中游螺山、城陵矶、宜昌站的洪量和洪水过程并考虑泄水传播时间及区间来水过程,详细分析了金沙江中游洪水与长江中下游洪水的遭遇规律。研究结果可为金沙江中游梯级水库防洪调度方式的建立提供技术支撑,有利于充分发挥水库群的防洪效益。

**关 键 词:**洪水遭遇规律;金沙江中游;长江中下游

**中图法分类号:** P333.2

**文献标志码:** A

**DOI:**10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.18.011

按照《长江流域防洪规划》和《长江流域综合规划》的安排,金沙江中游(以下简称金中)已建及在建的6座梯级水库(梨园、阿海、金安桥、龙开口、鲁地拉和观音岩)7月份共预留防洪库容17.78亿 m<sup>3</sup>,防洪任务为配合三峡水库分担长江中下游防洪压力,必要时,与上游水库群联合运用减轻川渝河段防洪压力,其中观音岩水库还承担攀枝花市的防洪任务。目前除梨园、鲁地拉、观音岩仅部分机组投产发电以外,其余电站已全部投产运行,金中梯级即将由建设期转入运行管理期。因此,分析研究金沙江中游洪水与金沙江下游、川江及长江中下游洪水的遭遇规律,合理拟定金中梯级水库的联合防洪调度方式,以充分发挥金中梯级水库的联合防洪效益势在必行。

目前对洪水遭遇规律的分析主要采用水文分析法进行。赵英林提出洪水遭遇可以分为洪峰遭遇和过程遭遇两种情况,若多个洪峰(用最大日平均流量表示)同日出现,即为洪峰遭遇;若最大7 d或最大15 d洪水过程超过1/2的时间重叠,即为洪水过程遭遇,并基于该理论分析了洞庭湖洪水遭遇规律<sup>[1]</sup>。郭家力和熊莹也基于洪峰遭遇和过程遭遇的概念分别分析了鄱阳湖流域和长江上游干支流的洪水遭遇规律<sup>[2-3]</sup>。戴明龙等从遭遇次数、遭遇时间、遭遇程度以及洪峰、洪量

等角度分析了长江上游与洞庭湖及汉江不同量级的洪水遭遇规律<sup>[4-5]</sup>。本文利用尽可能长的系列,详尽地统计分析了金沙江中游洪水与长江中下游洪水的洪量和洪水过程遭遇情形。

## 1 洪水遭遇分析

本文主要分析金沙江中游与长江中下游洪水遭遇规律,其中,金沙江中游来水采用其控制站攀枝花水文站来水资料,长江中下游以宜昌、城陵矶和螺山为代表站。

### 1.1 径流组成分析

统计金沙江攀枝花站年径流、主汛期6~9月径流占长江上游宜昌站、长江中下游螺山站来水比例,结果见表1。长江上游来水是中下游螺山站来水量的主导部分,宜昌以上年径流量占螺山的68.3%,6~9月径流量占螺山的75.1%。金沙江攀枝花站年径流量占宜昌的13.0%,占螺山的8.9%;6~9月攀枝花径流量占宜昌的13.9%,占螺山站10.4%,金沙江攀枝花站集水面积占宜昌的28.3%,占螺山的22%,攀枝花站径流占宜昌径流比例均明显小于面积占比。

攀枝花站3~7月份径流占宜昌站的比例在9.1%~12.4%之间,明显低于其他月份所占比例,9月所占

比例为15.9%,为全年各月径流占宜昌比例最高的月份,8月所占比例次之,为15.6%。攀枝花站3~6月份径流占螺山站比例在4.4%~7.2%之间,明显低于其他月份所占比例,7~10月份径流占螺山站比例在9.3%~12.9%之间,其中9月份所占比例为12.9%,为全年各月径流占螺山站比例最高的月份。

表 1 攀枝花径流占长江中下游径流比例						
时间	攀枝花			宜昌		螺山径流/ 亿 m <sup>3</sup>
	径流/ 亿 m <sup>3</sup>	占宜昌/ %	占螺山/ %	径流/ 亿 m <sup>3</sup>	占螺山/ %	
1 月	16.6	14.3	8.6	116	60.0	193
2 月	13.2	13.8	7.2	96	51.8	184
3 月	14.3	12.0	5.3	119	44.1	270
4 月	17.2	9.9	4.4	174	44.1	394
5 月	28.3	9.1	4.6	310	50.8	610
6 月	49.5	10.8	6.7	460	62.0	742
7 月	98.2	12.4	9.3	791	75.3	1050
8 月	112.6	15.6	12.5	721	79.7	904
9 月	102.6	15.9	12.9	647	81.6	793
10 月	63.9	13.8	10.5	462	75.8	610
11 月	32.6	12.8	8.5	255	66.3	385
12 月	21.5	13.8	8.8	156	64.1	244
6~9 月	363	13.9	10.4	2619	75.1	3490
全年	567	13.0	8.9	4355	68.3	6377

### 1.2 洪水组成分析

采用金沙江攀枝花站(1965~2012年),中下游宜昌站(1960~2012年)、螺山站(1960~2012年)、城陵矶站(1960~2012年)洪水摘录资料,进行大洪水组成分析,其中宜昌站2003年以后为还原资料系列,螺山站流量系列以实际摘录资料为基础,在统计过程中将相应年份的时段洪量还原(错时增加三峡水库拦蓄量)。

选取攀枝花站年最大洪峰流量排序前10位的洪水年份,统计攀枝花站最大3,7,15,30 d洪量以及考虑传播时间后对应中下游干流宜昌、螺山站洪量,分析金沙江中游发生洪水时攀枝花站洪量所占中下游宜昌站、螺山站的比例情况,统计结果见表2。攀枝花站排序前10年洪水中,最大3 d洪量占相应宜昌站洪量的比例为20.4%~41.0%,平均洪量比例为28.4%;最大7 d洪量占宜昌相应洪量的比例为17.4%~37.5%,平均为25.0%;最大15 d洪量占宜昌相应洪量的18.5%~33.6%,平均为23.6%;最大30 d洪量占宜昌相应洪量的比例为16.8%~27.6%,平均为20.9%。攀枝花站排序前10年洪水中,最大3 d洪量占相应螺山站洪量的比例为16.6%~37.0%,平均洪量比例为24.0%;最大7 d洪量占螺山站相应洪量的比例为12.4%~33.7%,平均为22.1%;最大15 d洪量占螺山相应洪量的16.3%~30.0%,平均为20.5%;最大30 d洪量占螺山站相应洪量的比例为13.6%~24.7%,平均在

17.9%。由各时段洪量占比的情况可以看出,攀枝花站洪水过程相对宜昌和螺山站洪水过程历时短,短时段洪量所占比例相对长时段洪量的比例高,随着时段长的增加,洪量比例明显降低。从大洪水年各时段洪量所占比例的平均值来看,金沙江中游洪水洪量占宜昌站和螺山站比例分别在1/4和1/5左右。

表 2 攀枝花站年最大流量排序前 10 年洪水各时段洪量占宜昌和螺山来水比例 %								
序号	占宜昌比例				占螺山比例			
	最大 3d	最大 7d	最大 15d	最大 30d	最大 3d	最大 7d	最大 15d	最大 30d
1	20.4	22.4	23.2	22.6	26.4	28.9	26.2	22.3
2	23.9	21.0	20.5	18.4	20.4	18.5	17.3	14.8
3	28.9	28.8	22.5	16.8	19.8	19.7	16.5	13.6
4	22.4	21.5	19.8	20.1	24.6	23.0	21.3	20.4
5	25.2	21.3	18.5	18.6	20.5	17.9	16.3	16.2
6	41.0	37.5	33.6	27.6	37.0	33.7	30.0	24.7
7	26.3	25.5	20.3	17.2	25.6	24.0	19.0	15.4
8	33.3	30.5	26.6	26.3	25.7	24.3	21.5	21.3
9	38.8	17.4	30.9	21.7	23.8	12.4	20.1	15.2
10	24.3	23.8	20.4	19.5	16.6	18.9	16.6	15.3
平均	28.4	25.0	23.6	20.9	24.0	22.1	20.5	17.9

分别按宜昌站年最大洪峰流量和城陵矶站年最高水位进行排序,选取前10大洪水年的洪水摘录资料,统计宜昌和城陵矶站高水位年份螺山站最大7,15,30 d洪量以及相应金沙江攀枝花站各时段洪量,分析干流宜昌站和螺山站发生大洪水时金沙江攀枝花站来水比例,统计结果见表3。宜昌站前10大洪水年中,最大7 d洪量对应攀枝花站来水比例在6.5%~13.6%之间,平均为11.8%;最大15 d洪量攀枝花站来水比例在7.6%~22.4%之间,平均为12.9%;最大30 d洪量攀枝花站来水比例在8.4%~22.0%之间,平均为13.1%。城陵矶站年最高水位排序前10年的洪水年中,螺山站最大7 d洪量攀枝花站来水比例在4.6%~11.7%之间,平均为7.8%;最大15 d洪量攀枝花站来水比例在4.5%~12.2%之间,平均为7.8%;最大30 d洪量攀枝花站来水比例在5.0%~12.3%之间,平均为8.1%。

随着宜昌站洪量计算时段的增长,攀枝花站来水比例略有增加,但总体变化不大,在1%左右,不同时段洪量攀枝花站来水的平均比例约占13%,与金中大水年攀枝花站各时段洪量占宜昌洪量比例相比较,其影响比例较小。城陵矶站大水年螺山站各时段洪量中攀枝花站来水比例基本相当,为8.0%左右,与金中大水年攀枝花站各时段洪量占螺山站洪量比例相比较偏小,攀枝花站来水对螺山站大水年洪量的影响比例不大。

### 1.3 日平均流量过程

统计分析攀枝花站多年平均日流量(1966~2012

年)及宜昌 - 螺山区间多年日均流量 (1954 ~2012 年),见图 1。如图所示,金沙江中游来水为胖型洪水过程,主汛期为 7 月中旬至 9 月中旬,日平均流量最大值出现在 9 月初。中下游宜螺区间主汛期为 4 ~7 月,4 月上中旬为快速上涨期,4 月中下旬至 6 月上旬为高位稳定期、6 月中下旬流量迅猛上涨、7 月起流量从高位快速消退。金沙江中游与长江中下游区间来水在 7 月上中旬有过程的遭遇,但遭遇不明显,在此期间,金沙江中游来水处于上升平稳阶段,而区间来水虽然是消退趋势但量级仍然较高,7 月下旬后,金沙江中游来水与中下游区间的过程基本无遭遇。

表 3 宜昌及螺山(按城陵矶水位排序)排序前 10 年洪水  
各时段洪量攀枝花来水比例 %

序号	宜昌大水年			螺山(城陵矶)大水年		
	最大 7d	最大 15d	最大 30d	最大 7d	最大 15d	最大 30d
1	9.9	11.6	11.3	11.7	8.8	10.1
2	13.3	12.4	12.8	7.0	6.8	7.0
3	8.2	10.9	12.5	6.8	8.2	8.4
4	10.5	9.1	8.5	11.7	11.2	12.3
5	13.4	13.9	12.8	4.6	4.5	5.0
6	11.6	16.2	17.4	7.3	7.4	8.2
7	13.6	12.6	12.2	5.5	6.0	6.1
8	20.0	22.4	22.0	11.4	12.2	9.7
9	11.2	11.9	12.9	4.2	5.3	6.2
10	6.5	7.6	8.4	7.7	7.7	7.8
平均	11.8	12.9	13.1	7.8	7.8	8.1

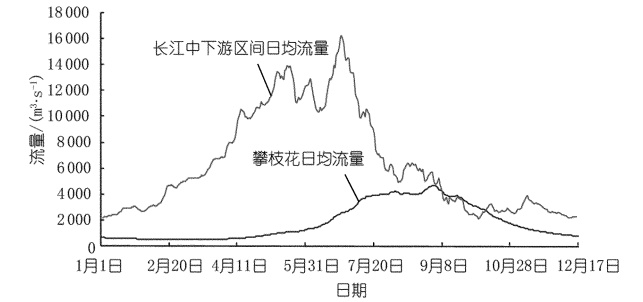


图 1 金中与长江中下游区间多年日平均流量过程

从量级来看,中下游区间洪水均值过程大致呈复式峰型,第一次峰现时间在 5 月中下旬,在 14 000 m<sup>3</sup>/s 左右,第二次出现在 6 月中下旬,约 16 000 m<sup>3</sup>/s 左右,而 5 月中下旬金沙江中游来水一般在 1 100 m<sup>3</sup>/s 左右,占长江中下游洪水比重很小,6 月中下旬金沙江中游来水处于主升阶段,流量在 1 600 ~2 700 m<sup>3</sup>/s 之间,与长江中下游洪水有一定程度的遭遇,但流量量级不大,遭遇不明显,若考虑 6 ~7 d 传播时间,金沙江中游来水则低于 2 500 m<sup>3</sup>/s,遭遇程度进一步减弱。总体而言,金沙江中游洪水主要发生在 7 月中旬至 9 月中旬,长江中下游区间洪水主要发生在 5 ~7 月,两地来水除 7 月上中旬有一定程度的遭遇外,其他时间遭遇可能性较小。

2 典型洪水遭遇分析

依据宜昌、螺山、攀枝花站 1965 ~2012 年同步资料,选取宜昌、螺山两站排名前 20 位的洪水并取交集,发现典型洪水年有 1968,1980,1983,1998,1999 年共 5 a;选取各典型年宜昌、螺山、中下游区间和攀枝花站日均流量过程,错时分析各典型年来水的遭遇情况,见图 2 ~6。

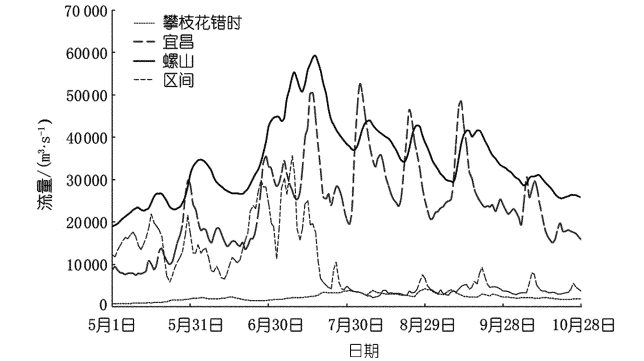


图 2 1968 年金中与长江中下游洪水过程

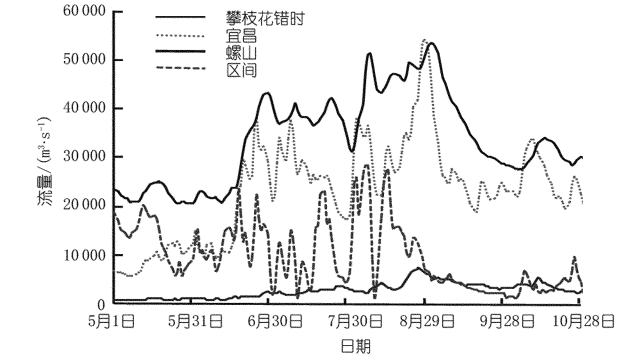


图 3 1980 年金中与长江中下游洪水过程

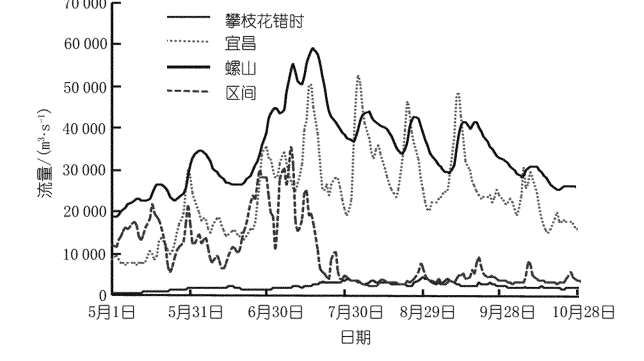


图 4 1983 年金中与长江中下游洪水过程

1968 年 7 月螺山站复式洪水过程中,两次洪峰水位均超警戒水位,洪水发生时金中洪水过程平稳,最大日流量不足 4 000 m<sup>3</sup>/s,未发生严重遭遇;8 月中旬和 9 月中旬金中发生两次日均流量接近 7 000 m<sup>3</sup>/s 的洪水,其中,8 月中旬洪水与中下游区间洪水遭遇,但螺山站流量在 40 000 m<sup>3</sup>/s 左右,量级较小。  
1980 年 8 月和 9 月螺山站各发生一次超警洪水

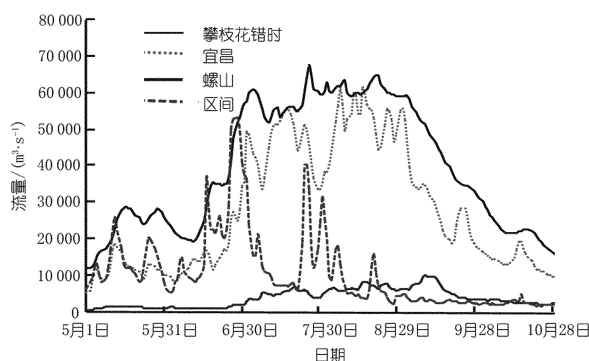


图5 1998年金中与长江中下游洪水过程

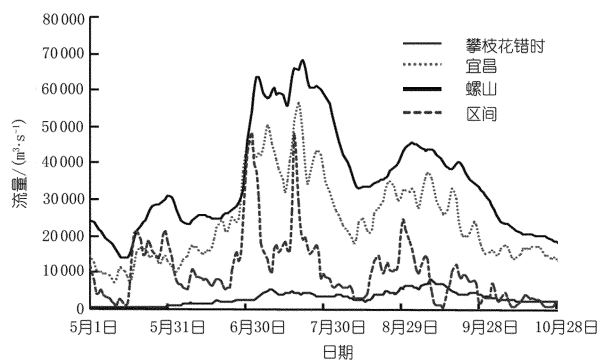


图6 1999年金中与长江中下游洪水过程

过程,8月洪水中,金中来水较小,流量在 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 左右,未与中下游洪水发生遭遇;8月下旬至9月上旬期间,宜昌来水快速上涨,洪峰流量 $54\,600\text{ m}^3/\text{s}$ ,金中洪水与中下游区间来水发生遭遇,金中洪峰流量在 $7\,500\text{ m}^3/\text{s}$ 左右,中下游区间流量在 $13\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 左右,螺山站洪峰流量 $54\,000\text{ m}^3/\text{s}$ ,在螺山站最大洪峰流量排序中排名第16位(1957~2010年),洪峰水位 $32.66\text{ m}$ ,在螺山站最高水位排序中排名第8。本场洪水中,金中来水与长江中下游区间有一定遭遇,但中下游区间流量不大,螺山站洪水主要由宜昌站以上其他地区形成。

1983年7月,螺山站发生较大洪水,洪峰水位 $33.04\text{ m}$ ,洪峰流量 $59\,400\text{ m}^3/\text{s}$ ,但金中全年没有超过 $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 的洪水发生,螺山站洪水发生时,金中来水不足 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ ,未与中下游区间来水发生遭遇。

1998年为近年来发生的一次全流域性洪水,螺山站最高水位 $34.95\text{ m}$ ,位居历年最高水位,排序第1位,超出警戒水位的时间长达两个半月,流量长期维持在 $50\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以上,特别是7月下旬至8月下旬长达一个月流量维持在 $60\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 。7月上中旬,金中来水一直在 $5\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以上,在此期间金中来水未与中下游来水遭遇;7月底至9月初,中下游持续高水位,金中来水也基本一直维持在 $6\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以上,其中7月下旬金中来水与长江中下游区间发生明显遭遇,长江中下游区间最大流量 $40\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 左右;8月上中旬与

长江中下游区间来水发生两次遭遇,但遭遇程度轻,8月份长江中下游的高水位主要是由宜昌以上其他地区来水形成,长江中下游区间来水相对不大,区间最大流量不超过 $18\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 。

1999年是继1998年后发生的又一次较大洪水,螺山站出现了实测第2高洪水位,但超警水位维持时间只有1998年洪水的一半。金中来水在7月份一直维持在 $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以上,长江中下游区间7月中旬末出现 $48\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 的最大流量,金中来水与长江中下游区间发生明显遭遇;9月上旬金中出现年最大流量 $8\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 左右的洪水过程,流量基本在 $6\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以上,由于持续时间较长,与长江中下游区间来水再次遭遇,但由于区间流量在 $20\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以下,遭遇相对不明显,螺山站洪峰流量量级亦不大。

综上,在金中与长江中下游均为大水年的5个典型洪水中,金中来水与长江中下游区间遭遇明显的年份为1998、1999年,尽管金中与长江中下游发生遭遇的情况存在,但发生遭遇时,金中来水量级不大,基本在 $6\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以下,金中来水对中下游的影响并不明显。

### 3 结语

本文从洪量和洪水过程等角度,详细分析了金沙江中游洪水与长江中下游洪水的遭遇规律。主要结论为:金沙江中游洪水主要发生在7月中旬至9月中旬,长江中下游区间洪水主要发生在5~7月,两地来水在7月上中旬有一定程度的遭遇,其他时间遭遇可能性较小;攀枝花站各月径流量占宜昌和螺山站的比例分别在 $9.1\% \sim 15.9\%$ 和 $4.4\% \sim 12.9\%$ 之间,年径流占宜昌和螺山站的比例分别为 $13.0\%$ 和 $8.9\%$ ,所占比例较小;金中大水年份,攀枝花站不同时段洪量占宜昌和螺山站的比例分别在 $1/4$ 和 $1/5$ 左右,而宜昌和螺山站大水年中,攀枝花站来水比例大幅减小,攀枝花站不同时段洪量占宜昌和螺山站的比例平均在 $13\%$ 和 $8\%$ 左右,金中来水主要起底水作用;通过典型洪水过程分析可知,尽管金中与长江中下游发生遭遇的情况存在,但发生遭遇时,金中来水量级不大,基本在 $6\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以下,金中来水对中下游的影响并不明显。

根据长江防洪总体规划要求,长江上游干支流水库除承担所在河流的防洪任务外,还应配合三峡水库对长江中下游发挥防洪作用。规划对长江上游干支流水库采取分期分类预留防洪库容,并结合洪水遭遇情况采取逐步蓄水运用方式。除三峡水库外,7月份长江上游干支流水库共预留最大防洪库容约 $340\text{ 亿} \sim 360\text{ 亿 m}^3$ (2015水平年考虑三峡水库共预留防洪库容

约364.6亿 m<sup>3</sup>)。因此,研究长江上中游干支流洪水遭遇规律,进而拟定水库群联合调度方式,充分发挥水库群综合效益势在必行。

参考文献:

[1] 赵英林.洞庭湖洪水地区组成及遭遇分析[J].武汉水利电力大学学报,1997,30(1):36-39.

[2] 郭家力,郭生练,徐高洪,等.鄱阳湖流域洪水遭遇规律和危险度初步研究[J].水文,2011,31(2):1-5.

[3] 熊莹.长江上游干支流洪水组成与遭遇研究[J].人民长江,2012,43(10):42-45.

[4] 戴明龙,沈燕舟.长江上游与洞庭湖洪水遭遇规律研究[J].水资源与水工程学报,2010,21(6):117-120.

[5] 戴明龙,叶莉莉,刘圆圆.长江上游洪水与汉江洪水遭遇规律研究[J].人民长江,2012,43(1):48-51.

(编辑:常汉生)

Analysis on flood encountering law of middle Jinsha River and mid – lower Yangtze River

ZHENG Jing<sup>1</sup>,ZHOU Pengfei<sup>2</sup>,XU Yinshan<sup>1</sup>

(1. Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430010, China; 2. Bureau of Comprehensive Development, Ministry of Water Resources, Beijing 100053, China)

**Abstract:** According to the Flood Control Planning of Yangtze River Basin and Comprehensive Planning of Yangtze River Basin, the flood control capacity of 6 reservoirs built and being – built on middle Jinsha River will be 1.778 billion m<sup>3</sup>, so as to cooperate the flood control for mid – lower Yangtze River with Three Gorges Reservoir. The flood encountering law of middle Jinsha River and middle Yangtze River are analyzed in detail based on the flood quantity and flood routing process of Panzhihua Hydrological Station on Jinsha River and Luoshan, Chenglingji and Yichang hydrological stations on middle Yangtze River, with consideration of the flood propagation time and interval flood incoming process. The analysis results can provide technical support for the operation programme of the reservoirs on the middle Jinsha River, in order to give full play to the flood control benefits of the reservoir group.

**Key words:** flood encountering law; middle Jinsha River; mid – lower Yangtze River

(上接第 19 页)

[9] 黄昉.漫垸网河平面准二维与网河一维非恒定流“混合模型”的研究[J].浙江水利科技,2003,(1):17-19.

[10] 张晓波.平原河网地区的汇流模型研究[J].水电能源科学,

2011,(6):18-20.

(编辑:徐诗银)

A coupled hydraulic model for urban drainage and regional waterlogging release

ZHANG Xiaobo,SHENG Haifeng

(Zhejiang Design Institute of Water Conservancy and Hydro – electric Power, Hangzhou 310002, China)

**Abstract:** Some cities, especially the costal cities, are prone to waterlogging when the storm occurs. The analysis shows that the geographical location of the city and the flood characteristics of the surrounding rivers are not comprehensively considered with the urban waterlogging release, so the backward design method of urban drainage is one of the main causes of the waterlogging. To solve the problem, Saint Venant equations are used to express the key components of various water release system such as the open channel, rain pipe and field confluence, and through the connection relation among these components, a coupled hydraulic model for the urban drainage and regional waterlogging release is established. The practical application shows that the model can reflect the influence of river backwater and long – term storm on the urban drainage, which can be widely used in the urban drainage planning and design work.

**Key words:** urban drainage; regional waterlogging release; coupled hydraulic model; urban waterlogging