

文章编号:0559-9350(2019)11-1311-08

三峡水库运行期设计洪水及汛控水位初探

郭生练, 熊 丰, 王 俊, 钟逸轩, 田 晶, 尹家波

(武汉大学 水资源与水电工程科学国家重点实验室, 湖北 武汉 430072)

摘要: 考虑长江上游水库群调蓄对三峡水库设计洪水的影响, 采用最可能组成法和典型年法推求干支流控制站洪水的地区组成, 构建多输入单输出(MISO)系统模型模拟向家坝至三峡水库未控区间的洪水过程, 研究探讨三峡水库运行期设计洪水及汛期防洪控制水位(汛控水位)。结果表明: 长江上游干支流梯级水库的调蓄作用对三峡水库设计洪水影响显著; 三峡运行期千年一遇设计洪峰流量为 $81\,136\text{ m}^3/\text{s}$, 3、7、15 和 30 d 洪量分别为 188.2、386.3、727.4 和 1320.9 亿 m^3 , 相比建设期设计值分别削减了 18.2%、23.8%、20.6%、20.2% 和 16.9%; 在不降低防洪标准的前提下, 三峡水库运行期汛控水位(155 m)比建设期汛限水位(145 m)抬高了 10 m, 这不仅有利于库区航运、维护库岸稳定、保护消落区生态环境, 还可增发电量、减少蓄水期对洞庭湖和鄱阳湖的影响, 经济社会和生态环境效益巨大。

关键词: 三峡水库; 运行期; 设计洪水; 洪水地区组成; 汛限水位; 汛控水位

中图分类号: TV122+.3

文献标识码: A

doi: 10.13243/j.cnki.slxb.20190459

1 研究背景

三峡工程是综合治理开发长江的关键工程, 具有巨大的防洪、发电和航运等综合利用效益^[1-2]。三峡水库初设洪水, 依据三峡工程的开发任务和规模等, 采用天然年最大洪水系列资料推求设计洪水特征值、确定水库防洪和调节库容及其特征水位, 确定三峡大坝高程和溢洪道尺度, 确保大坝自身和下游防洪安全。这些设计值选用了最恶劣的组合, 从偏安全考虑取外包值, 称为“建设期设计洪水”, 并用汛期防洪限制水位(简称“汛限水位”)指导水库调度运行^[3-4]。

长江上游干支流已形成和在建一批库容大、调节性能好的梯级水库群(见图1)^[5-6]。受上游梯级水库群联合调度的影响, 三峡水库的水文情势和功能需求与初设时期相比, 已发生了显著变化。目前我国水库运行调度仍沿用建设期设计洪水及汛限水位, 而忽略了上游梯级水库群的调蓄影响, 导致三峡水库汛期运行水位偏低、综合利用效益有待提高等问题。因此, 开展三峡水库运行期设计洪水及汛期防洪控制水位(汛控水位)研究, 充分考虑上游水库群对三峡水库运行调度的影响, 对提高三峡水库的综合利用效益意义重大。

研究探讨三峡水库运行期设计洪水及汛控水位, 其核心就是推求三峡坝址以上各分区洪水的地区组成和洪水演算^[7]。我国《水利水电工程设计洪水计算规范(SL44-2006)》^[8](简称《规范》)推荐采用典型年法和同频率法推求洪水地区组成。除《规范》中推荐的方法外, 最可能地区组成法因统计基础较强、地区组成方案客观且唯一得到了广泛应用, 闫宝伟等^[9]、刘章君等^[10]和熊丰等^[11-12]研究表明: 该方法能较好的应用于梯级水库洪水地区组成, 设计成果客观合理。如何准确模拟各支流洪水至三峡的演进过程是另一研究重点。三峡以上支流众多, 且各支流洪水至三峡传播时间较长。对此由水库、河网和区间流域所组成的长河系、多阻断汇流系统, 其洪水模拟难以沿用物理或概念性水文模型方法。多输入单输出(MISO)模型属于黑箱模型的一种, 该模型能够处理具有复杂因果关系和高维

收稿日期: 2019-06-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(51879192); 国家重点研发计划项目(2018YFC1508001)

作者简介: 郭生练(1957-), 教授, 主要从事水文水资源研究。E-mail: slguo@whu.edu.cn

非线性映射问题，在实践中被广泛采用^[13]。众多研究^[13-14]均表明：MISO 模型能较好地应用于复杂水文模拟问题。

本文首先分析向家坝至三峡水库区间流域典型年洪水的地区组成，并计算金沙江、岷江、嘉陵江、乌江梯级水库最可能设计洪水地区组成；采用各水库调度规则进行调洪演算，求得干支流屏山、高场、北碚、武隆控制站经梯级水库调蓄影响后的设计洪水过程线；然后构建三峡水库洪水模拟模型，将各支流控制站经调蓄后的洪水过程演进至坝址，并与未控区间洪水过程相叠加得到三峡水库运行期设计洪水过程线；最后根据三峡水库调洪演算求得汛控水位。

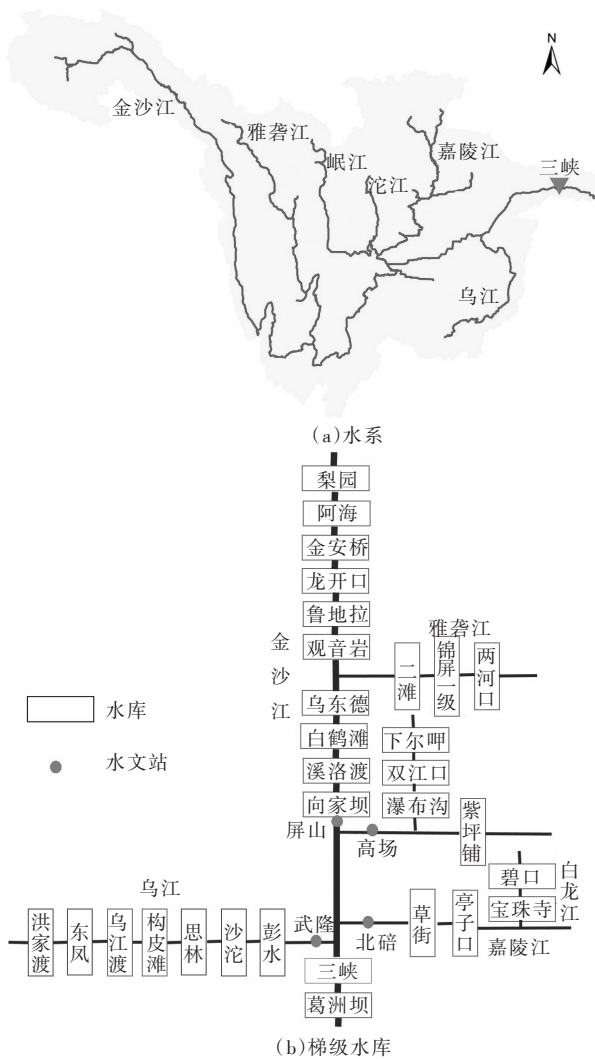


图1 长江上游流域水系图及梯级水库概化图

2 干支流控制站洪水地区组成及设计值

长江上游已建和在建 30 座大型水库和众多的中小型水库，洪水地区组成极为复杂。采用聚合分解的思路研究三峡水库流域的洪水地区组成。首先，将坝址洪水分配到各支流水文控制站以及未控区间来水，即金沙江屏山站、岷江高场站、沱江富顺站、嘉陵江北碚站、乌江武隆站、屏山-寸滩区间、寸滩-万县区间和寸滩-坝址区间来水；其次，再分别研究各支流水文控制站的洪水地区组成。

2.1 三峡水库洪水地区组成 三峡水库在规划设计时选定 1954、1981 和 1982 年作为设计洪水典型年^[3]，其中 1954 年洪水是 1949 年以来发生最大的流域性大洪水，长江流域防洪规划和大部分水库建设期设计洪水都是选择 1954 年作为典型年。因此，选择 1954 年作为典型年分析三峡坝址不同时段洪水地

区组成。宜昌站 1954 典型年不同时段洪水地区组成如表 1 所示。由表 1 可见，1954 年洪水过程中，金沙江屏山站来水占比在各时段洪量中均位于第 1 位，岷江高场站和嘉陵江北碛站来水所占比例均比多年均值偏小；乌江武隆站、屏-寸区间、寸-万区间、万-宜区间各时段洪量占比相对于多年均值明显偏大，未控区间洪水对 1954 年洪水的形成起到不可忽视的作用。所选取的 1954 典型年在洪水来源组成方面具有较强的代表性，包含了较不利的防洪边界条件，能基本反映三峡的洪水地区组成规律。

表 1 宜昌站 1954 典型年洪水地区组成

	时段/d	屏山	高场	富顺	北碛	武隆	屏-寸区间	寸-万区间	万-宜区间
面积占比		0.482	0.135	0.023	0.155	0.083	0.066	0.023	0.033
多年平均占比		0.325	0.187	0.037	0.182	0.105	0.087	0.032	0.045
1954 典型年占比	7	0.308	0.115	0.014	0.096	0.164	0.147	0.064	0.093
	15	0.303	0.116	0.018	0.109	0.189	0.125	0.058	0.083
	30	0.287	0.155	0.029	0.149	0.147	0.107	0.052	0.074

2.2 长江上游干支流控制站设计洪水特征值和过程线 采用最可能地区组成法分析各个支流水文控制站的洪水地区组成。该方法统计基础较强，组成方案数唯一，适用于梯级水库洪水地区组成的分析计算，相比于规范中的同频率法，其设计成果更为客观合理^[11]。因篇幅限制，各支流水文控制站屏山、高场、北碛、武隆站的最可能组成结果，见参考文献[10-12]。

由最可能组成法得到各支流控制站的洪水地区组成后，可以求解各分区受梯级水库调蓄后的设计洪水过程线。各分区设计洪水过程亦选择 1954 典型年过程。以各个支流控制站的子分区分配到的相应洪量为控制，按各分区 1954 典型年洪水过程线同频率放大得到各分区的设计洪水过程线，分别输入到金沙江、岷江、嘉陵江和乌江梯级水库系统，采用各水库调度规则进行调洪演算，推求典型年受梯级水库调蓄影响的屏山、高场、北碛和武隆站的洪水过程。金沙江、岷江、嘉陵江、乌江梯级水库的总防洪库容分别为 218.2、28.0、19.7、12.1 亿 m³。

长江上游干支流控制站建设期和运行期千年一遇设计洪水特征值及削减率的统计结果如表 2 所示，从表 2 可以看出，各个水文控制站受上游梯级水库的调蓄影响，其运行期设计洪水削减明显。

图 2 绘出 1954 典型年调蓄前后的设计洪水过程线，建设期设计洪水经过梯级水库调蓄后均变得平缓。金沙江梯级水库群的防洪库容较大，对屏山站洪水可以起到很强的削减作用，因此对三峡设计洪水的影响最为显著。

表 2 干支流控制断面建设期和运行期千年一遇设计洪水特征值及削减率(1954 典型年)

特征变量		金沙江屏山站	岷江高场站	嘉陵江北碛站	乌江武隆站
洪峰流量/(m ³ /s)	建设期	26500	18307	26136	16485
	运行期	15038(-43.3%)	12176(-33.5%)	17718(-32.2%)	13563(-17.7%)
3 d 洪量/亿 m ³	建设期	66.7	39.7	55.1	40.7
	运行期	37.5(-43.8%)	29(-26.9%)	41.6(-24.5%)	34.8(-14.3%)
7 d 洪量/亿 m ³	建设期	149.9	87.3	106.7	90.4
	运行期	84.7(-43.5%)	65.6(-24.9%)	87(-18.4%)	80.9(-10.5%)
15 d 洪量/亿 m ³	建设期	278.5	141.5	151.6	173.1
	运行期	149.9(-46.2%)	119.9(-15.3%)	132.2(-12.7%)	161.1(-7%)
30 d 洪量/亿 m ³	建设期	465.7	252.1	246.6	235.8
	运行期	253.6(-45.5%)	226.4(-10.2%)	227.3(-7.8%)	223.8(-5.1%)

2.3 向家坝至三峡水库未控区间流域干支流洪水相关关系 表 3 为屏山、高场、富顺、北碛、武隆站之间 7 d 年最大洪量的秩相关关系，见表 3。结果表明，各站 7 d 年最大洪量间的相关性均较低，有的呈现较弱的负相关关系，可以说明各站年最大洪水系列近似相互独立。因此，不宜采用基于相关

性统计分析的同频率组成法和最可能组成法推求三峡水库未控区间的洪水地区组成，2.1 节中采用典型年法是合理的。

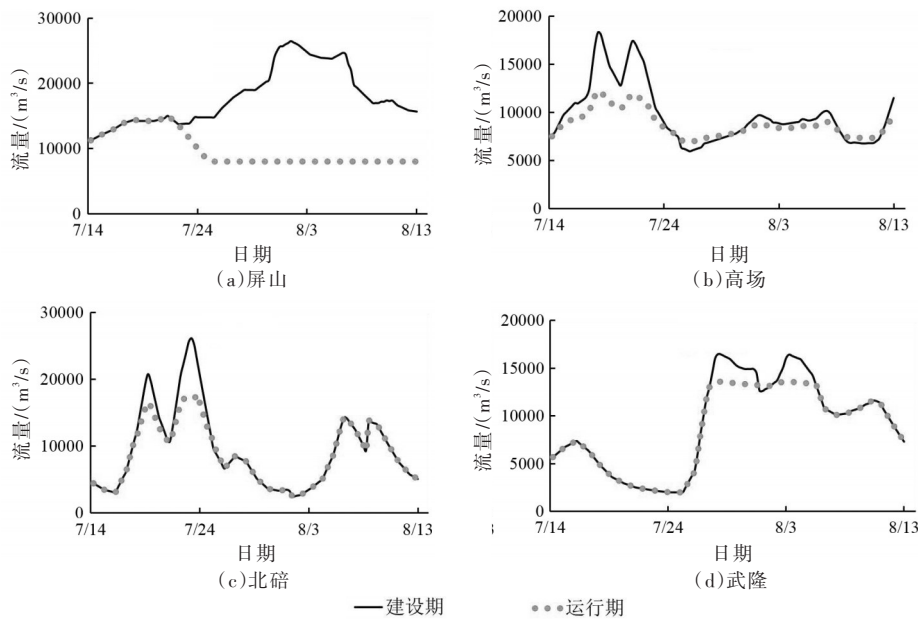


图2 长江上游干支流控制站建设期和运行期千年一遇设计洪水过程线（1954年典型年）

表3 干支流控制站7 d年最大洪量的秩相关关系

河流	控制站	屏山	高场	富顺	北碚	武隆
金沙江	屏山		0.15	0.16	-0.04	0.11
岷江	高场	0.15		0.27	0.07	0.09
沱江	富顺	0.16	0.27		0.16	-0.16
嘉陵江	北碚	-0.04	0.07	0.16		-0.19
乌江	武隆	0.11	0.09	-0.16	-0.19	

3 三峡水库运行期设计洪水

3.1 洪水演进模型 屏山、高场、富顺、北碚、武隆站洪水至三峡坝址的传播时间分别为 94、91、87、63、52 h，洪水演进若采用马斯京根法计算较为困难，且精度较差。现采用多输入单输出（MISO）系统模型模拟三峡入库洪水过程，MISO 模型的概化图如图 3 所示。

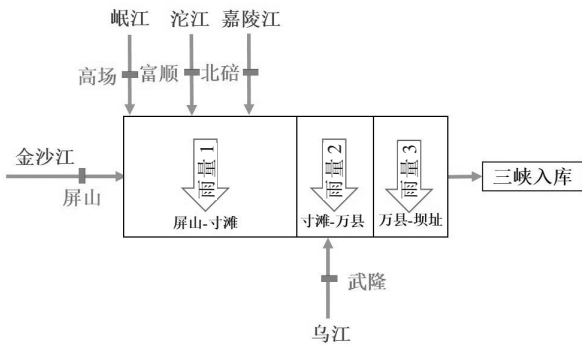


图3 三峡水库未控区间流域 MISO 模型概化图

三峡入库 MISO 模型的输入为金沙江向家坝出库屏山站，支流高场站、富顺站、北碚站、武隆站流量，以及向家坝-寸滩、寸滩-万县、万县-三峡坝址子区间面净雨量，输出为三峡入库流量。MISO 模型属于系统模型的一种，其基本方程可表示为：

$$y_i = \sum_{j=1}^m x_{i-j+1} h_{ij} \quad (1)$$

式中： x_j 为第 j 个输入变量序列； y 为输出序列； h_j 为第 j 个输入的脉冲响应函数的纵坐标。

如果 x_t 为入流或者区间流域的净雨量， y_t 为流域出口断面的径流量，那么两者应该相等。但在实际的汇流过程中，不可避免地会出现水量的损失，即时间轴与脉冲响应函数所包围的面积常常不等于1，这个数值被定义为增益因子 G ，表示总净雨量转化为总径流量的比例。式(1)可表示为：

$$y_t = G \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m(j)} u_k^{(j)} x_{t-k+1}^{(j)} e_t \quad (2)$$

式中： $u^{(j)}$ 、 $m(j)$ 分别为第 j 个输入系列的标准脉冲响应函数的纵坐标值和记忆长度； e_t 为误差项； n 为输入的个数。

模型的关键在于求解脉冲响应函数的纵坐标值 h 以及确定记忆长度 m 的大小。脉冲响应函数 $\hat{H}$ 可采用最小二乘法进行估计。

选用 2008—2016 年汛期 6—9 月各控制站的降雨径流资料，计算时段为 6 h，其中率定期为 2008—2013 年，检验期为 2014—2016 年。各子区间面雨量数据采用前期雨量指数模型（API）进行产流计算，得到的区间净雨量再作为模型输入。三峡入库 MISO 模型率定期和检验期的模型效率系数分别为 97.76% 和 94.88%，平均水量误差分别为 -0.82% 和 -2.72%，表明所建立的 MISO 模型能够很好地模拟三峡入库洪水，模拟精度很高。

3.2 三峡水库运行期设计洪水 采用已率定的 MISO 模型，推求三峡水库运行期设计洪水过程。该模型共有 8 个输入，其中屏山、高场、北碚和武隆 4 站采用经过上游梯级水库调蓄后的设计洪水过程线（即图 2 中运行期设计洪水过程线）；三峡水库区间流域其他 4 个输入（富顺站、向家坝-寸滩、寸滩-万县、万县-三峡坝址区间面净雨量）没有大型水库调蓄和设计洪水过程，可采用初设成果（即图 2 中建设期设计洪水过程线）按流域面积比例推求。其中向家坝-寸滩区间降雨输入采用屏山、高场和北碚三站的初设洪水过程之和再按面积比缩小，寸滩-万县区间和万县-坝址区间分别采用武隆站和三峡水库的初设洪水过程按面积比缩小。MISO 模型的输出为三峡水库运行期设计洪水过程线。

图 4 绘出三峡水库建设期和运行期的设计洪水过程线，可以看出 3 个设计洪峰均有一定程度的削减，主峰削减程度较大。研究结果表明，长江上游干支流大型水库群的调蓄作用，对三峡水库运行期设计洪水具有显著影响。

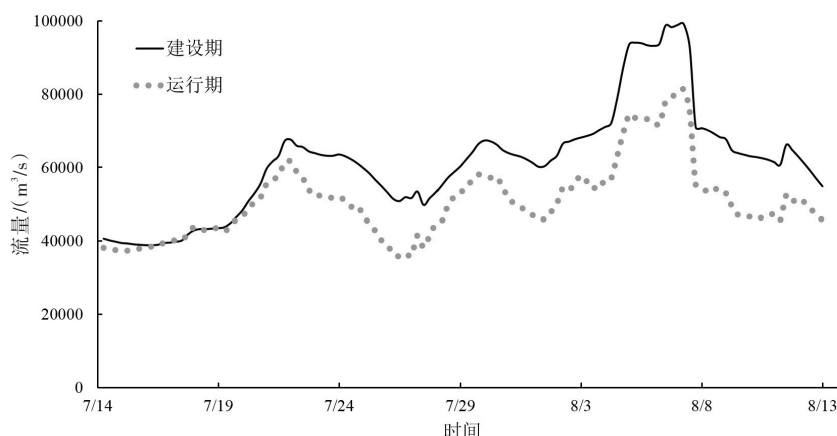


图 4 三峡水库建设期和运行期千年一遇设计洪水过程线

表 4 中统计给出三峡水库建设期和运行期千年一遇设计洪水特征值。从表 4 可见，三峡运行期千年一遇设计洪峰流量为 $81\,136 \text{ m}^3/\text{s}$ 、3、7、15、30 d 洪量分别为 188.2、386.3、727.4、1320.9 亿 m^3 ，相比建设期设计值的削减率分别为 18.2%、23.8%、20.6%、20.2% 和 16.9%。维持初设阶段的防洪标准不变，三峡水库运行期千年一遇设计洪水过程线经过调洪演算，得到水库汛期防洪控制水位为 155 m。

表4 三峡水库建设期和运行期千年一遇设计洪水特征值对比

设计变量	建设期	运行期	削减量	削减率
洪峰流量/(m ³ /s)	99208	81136	18072	18.2%
3 d 洪量/亿 m ³	247	188.2	58.8	23.8%
7 d 洪量/亿 m ³	486.8	386.3	100.5	20.6%
15 d 洪量/亿 m ³	911.8	727.4	187.4	20.2%
30 d 洪量/亿 m ³	1590	1320.9	269.1	16.9%
汛期水位/m	145(汛限水位)	155(控制水位)	-10	
汛期多年平均发电量/(亿 kW·h)	474.2	515.8	41.6	+8.7%

4 分析讨论

与1992年三峡工程初设洪水相比,目前三峡水库的水文情势和功能需求等外部环境发生了巨大的变化,其运行调度规程和方案也应做出相应改变,即采用“运行期设计洪水”对应的“汛期控制水位”。下面分析讨论三峡水库优化运行调度方式的可行性和实用条件。

4.1 水库群调度 金兴平^[15]把水库群的调度分为3个层面:“一是规划设计层面。在进行水库规划设计时,根据工程的防洪标准、开发任务和规模等,拟定防洪库容、调节库容及其水库的调度运用方案。这时的入库或坝址设计洪水往往选取最恶劣的组合,从偏安全考虑一般都取外包值,调度运用方案也大多只考虑单库。二是联合运用层面。随着水库群的不断投运,不论是在发挥作用产生效益方面还是对下游水文过程的影响方面,必然造成连锁反应、叠加效应。三是实时调度层面,也可以称作预报调度层面”。1992年审定的三峡水库初设洪水(即建设期设计洪水)属于第1个层面,本文水库运行期设计洪水则属于第2个层面。因此,在实时调度层面依据水库运行期设计洪水及汛控水位,更加科学合理。

4.2 泥沙问题 在三峡工程论证和可行性研究阶段,泥沙问题是关键技术问题之一。1998年长江流域大洪水后,大规模的水利水电工程建设和实施退耕还林等水土保持措施,导致三峡入库泥沙大量减少,淤积在有效库容内的泥沙量小于初设值。胡春宏等^[16]系统分析了三峡水库“蓄清排浑”运行方式及其优化调整的利弊,包括汛期水位动态变化、汛末提前蓄水等对水库淤积和坝下游河道演变的影响,认为研究提高初设阶段确定的三峡水库汛限水位已具备条件,提出了进一步优化水库调度方式的建议。

4.3 气象水文预报 随着科技高速发展,气象水文预报技术进步很快。准确的降水洪水预报对水库防洪兴利综合调度具有重要的价值。现有降雨预报产品从发布来源上分,有欧洲中心数值预报产品、日本数值预报产品、中国T639数值预报产品等。当前世界各地气候、气象中心的定量降水预报业务主要侧重于短中期预报,基本达到了实用的要求。中长期降水预报的合格率已经超过70%,对趋势判断有重要参考价值。长江流域的水文预报精度达到甲等水平^[17]。因此,若预测预报长江上游流域将发生大洪水或超标准洪水,为确保大坝和防洪安全,各水库可降低水位,按初设阶段的汛限水位控制运行。

4.4 综合效益分析 三峡及上游控制性水库总调节库容将超过1000亿m³,总防洪库容达500亿m³,汛期各水库分别承担相应的防洪任务,减轻了三峡水库的防洪压力。因此,三峡水库采取155 m“汛控水位”运行,减少消落期和蓄水期的水位变幅,这不仅有利于维护库岸稳定、保护消落区生态环境,显著改善重庆木洞至丰都河段的航道条件,提高三峡电站的发电能力;还可减少三峡水库蓄水期对中下游河道以及洞庭湖和鄱阳湖的影响。因此,提高运行水位能更好地拓展三峡工程综合效益。

5 结论

由于长江上游干支流水库群调蓄影响,三峡水库初设洪水已发生了显著变化。研究探讨了三峡

水库“运行期设计洪水”及“汛控水位”，主要结论如下：(1)长江上游各支流梯级水库的调蓄作用，对三峡水库运行期的设计洪水影响显著；其中金沙江梯级水库影响尤甚。(2)三峡运行期千年一遇设计洪峰流量为 $81\,136\text{ m}^3/\text{s}$ 、3、7、15 和 30 d 洪量分别为 188.2、386.3、727.4 和 1320.9 亿 m^3 ，相比建设期设计值的削减率分别为 18.2%、23.8%、20.6%、20.2% 和 16.9%。(3)在保证防洪标准不变的前提下，三峡水库运行期汛控水位(155 m)比汛限水位(145 m)抬高了 10 m，不仅有利于库区航运和生态环境，还可增发电量 $41.6\text{ 亿 kW}\cdot\text{h}/\text{年}$ (+8.7%)，减少蓄水期对洞庭湖和鄱阳湖的影响，经济社会和生态环境效益巨大。(4)建议从设计洪水理论方法、水库功能复核、调整控制和审批监管等方面，进一步开展水库汛限水位专题研究，修改和完善三峡水库调度规则。

本文对三峡水库运行期设计洪水进行了初步探讨，着重阐述水库运行期设计洪水的概念和研究意义，希望能引起学术界和应用研究人员的共鸣，深入开展水库设计洪水的研究和探讨，补充修改和完善我国现有的设计洪水计算规范。具体采用何种模型方法以及如何选取典型年洪水过程更为科学合理，有多少是方法差异造成的，有多少是水库群的累积影响效应，目前尚无法给出定量的结果，需要进一步深入探讨。

参 考 文 献：

- [1] 刘攀, 郭生练, 王才君, 等. 三峡水库动态汛限水位与蓄水时机选定的优化设计[J]. 水利学报, 2004(7): 86-91.
- [2] 周建中, 李纯龙, 陈芳, 等. 面向航运和发电的三峡梯级汛期综合运用[J]. 水利学报, 2017, 48(1): 31-40.
- [3] 长江水利委员会. 三峡工程水文研究[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1997.
- [4] 郭生练, 刘章君, 熊立华. 设计洪水计算方法研究进展与评价[J]. 水利学报, 2016, 47(3): 302-314.
- [5] 李安强, 张建云, 仲志余, 等. 长江流域上游控制性水库群联合防洪调度研究[J]. 水利学报, 2013, 44(1): 59-66.
- [6] 周研来, 郭生练, 陈进. 溪洛渡-向家坝-三峡梯级水库联合蓄水方案与多目标决策研究[J]. 水利学报, 2015, 46(10): 1135-1144.
- [7] 郭生练, 熊丰, 尹家波, 等. 水库运行期设计洪水理论和方法[J]. 水资源研究, 2018, 7(4): 327-339.
- [8] 水利部. 水利水电工程设计洪水计算规范(SL44-2006)[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [9] 闫宝伟, 郭生练, 郭靖, 等. 基于 Copula 函数的设计洪水地区组成研究[J]. 水力发电学报, 2010, 29(6): 60-65.
- [10] 刘章君, 郭生练, 李天元, 等. 梯级水库设计洪水最可能地区组成法计算通式[J]. 水科学进展, 2014, 25(4): 575-584.
- [11] 熊丰, 郭生练, 陈柯兵, 等. 金沙江下游梯级水库运行期设计洪水及汛控水位[J]. 水科学进展, 2019, 30(3). <http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1309.p.20190417.1529.024.html>.
- [12] 熊丰, 郭生练, 王俊, 等. 嘉陵江梯级水库运行期设计洪水及汛期控制水位[J]. 水资源研究, 2019, 8(3): 208-216.
- [13] LIANG G C, KACHROO R K, KANG W, et al. River flow forecasting. Part 4. Applications of linear modelling techniques for flow routing on large catchments[J]. Journal of Hydrology, 1992, 133(1): 99-140.
- [14] ZHONG Y X, GUO S L, LIU Z J, et al. Quantifying differences between reservoir inflows and dam site floods using frequency and risk analysis methods[J]. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 2018, 32: 419-433.
- [15] 金兴平. 对长江流域水工程联合调度与信息化实现的思考[J]. 中国防汛抗旱, 2019, 29(5): 12-17.
- [16] 胡春宏, 方春明, 许全喜. 论三峡水库“蓄清排浑”运用方式及其优化[J]. 水利学报, 2019, 50(1): 2-11.
- [17] 郭生练, 钟逸轩, 吴旭树, 等. 水库洪水概率预报和汛期运行水位动态控制[J]. 中国防汛抗旱, 2019, 29(6): 1-4.

(下转第 1325 页)

Study on joint flood control dispatching of reservoir groups based on reservoir capacity risk frequency curve

ZHOU Jianzhong¹, DUN Xiaohan^{1, 2}, ZHANG Yongchuan¹

(1. School of Hydropower and Information Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan 430074, China)

Abstract: Real-time flood control operation decision-making of reservoirs is a complex decision-making problem with multi-objective, multi-stage and multi-constraints. Risk analysis is an important link and basis for real-time flood control decision-making. This paper presents a theory system of risk-sharing and reservoir risk-dispatching-decision-making for cascade reservoirs based on the frequency curve of flood control reservoir capacity. Combining with the actual situation of Xiluodu, Xiangjiaba and Three Gorges Reservoirs, the flood control risk of cascade reservoirs in different periods of flood season is analyzed by using self-developed risk analysis model of joint flood control operation of cascade reservoirs, and the risk rate is introduced into real-time flood control operation decision-making, in order to provide decision-making basis for flood control operation of reservoirs and improve the comprehensive utilization benefit of joint flood control operation system. The results show that considering risk factor in real-time dispatching can effectively improve the comprehensive benefits of reservoirs while ensuring flood control safety. The risk-dispatching-decision theory can provide basis for the optimization of reservoir dispatching schemes.

Keywords: joint flood control dispatching; reservoir capacity frequency curve; risk analysis; decision-making optimization

(责任编辑: 王成丽)

(上接第 1317 页)

Preliminary exploration of design flood and control water level of Three Gorges Reservoir in operation period

GUO Shenglian, XIONG Feng, WANG Jun, ZHONG Yixuan, TIAN Jing, YIN Jiabo

(State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Engineering Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: Considering the impact of joint operation of reservoir group in the upper Yangtze River basin on Three Gorges Reservoir (TGR), the most likely regional composition and typical-year methods were adopted to derive the flood regional composition for each control hydrological station. The multi-inputs single-output (MISO) model was used to simulate the flood process between Xiangjiaba and TGR uncontrolled inter-basin. The design floods as well as the flood control water level of TGR during operation period are derived and analyzed. It is shown that: (1) the design floods of downstream reservoirs are significantly influenced by the operation of upstream reservoirs, particularly the cascade reservoirs in Jinsha River; (2) The 1000-year design peak discharge, 3d, 7d, 15d and 30d flood volumes of TGR are 81136m³/s, 18.8, 38.6, 72.7, 132.1 billion m³, decreasing by 18.2%, 23.8%, 20.6%, 20.2% and 16.9%, respectively; (3) the flood control (limited) water levels of TGR are 155(145) m without reducing the original flood prevention standards. The high flood control water level during TGR operation period can not only benefit navigation in the reservoir, sustain reservoir bank stability, and protect eco-environment of reservoir riparian zone, but also can increase hydropower generation, reduce the impact on downstream Dongting and Poyang Lakes during reservoir refill operation period, which has great social-economic and eco-environment benefits.

Keywords: three gorges reservoir; operation period; design flood; most likely regional composition; flood limited water level, flood control water level

(责任编辑: 王成丽)