

The Influence of Cascade Reservoirs Operation to Stream Flow Variation in the Wujiang River

Jun Shao, Kexu Fan, Jianping Bin, Ying Xiong

Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan
Email: shaoj@cjh.com.cn

Received: Mar. 21st, 2012; revised: Apr. 14th, 2012; accepted: Apr. 28th, 2012

Abstract: The sub-basin Xinanjiang model, Muskingum method and successive routing model and reservoir operation model were established and the parameters were calibrated respectively for each sub-basin (or river reach) on the basis of recorded rainfall and runoff data. The joint operation of reservoirs model was built according to reservoir operating rule. Then we test the model to certify whether the characteristic in the model can be well kept as the one in real data. The simulation results showed that cascade reservoirs brought a certain impact on runoff characteristics, which depended on the size of regulating storage, the flood control capacity, reservoir operating rule, and stage-storage curve. From a general point of view, compared with daily regulating storage reservoirs, incomplete annual regulating reservoirs and complete annual regulating reservoirs brought more impact on runoff. The size of regulating storage of cascade reservoirs directly concerned with the downstream runoff variation. The bigger the size was, the more significantly the change took place.

Keywords: Hydrology; Stream Flow Variation; Cascade Reservoirs; Wujiang River

乌江干流梯级水库运行对径流的影响

邵 骏, 范可旭, 邴建平, 熊 莹

长江水利委员会水文局, 武汉
Email: shaoj@cjh.com.cn

收稿日期: 2012年3月21日; 修回日期: 2012年4月14日; 录用日期: 2012年4月28日

摘 要: 本文建立了乌江降雨径流-河网汇流-水库调度模型, 该模型主要由新安江三水源模型、河网汇流模型和水库调度模型组成, 并利用所收集的流域内控制水文站历史流量数据, 对各河段的模型参数分别进行率定。通过该模型对乌江不同水库组合条件下的调度运行进行模拟。模拟结果显示, 梯级水库对径流具有一定的影响, 其大小不但取决于水库的调节库容和防洪库容的大小, 而且还和水库的调度规则、库容曲线等息息相关。但从总体上来看, 日调节水库对径流的影响幅度不大, 年调节、不完全年调节水库能够在一定程度上内改变径流的年内分配过程, 其改变幅度与水库自身的特征参数有关。一般来说, 调节库容越大的水库对径流的改变越明显。除多年调节水库外, 基本不会改变径流的年际变化特征。

关键词: 水文; 径流变化; 梯级水库群; 乌江

1. 引言

作者简介: 邵骏(1982-), 男, 湖北宜昌人, 长江水利委员会水文局水资源处, 工程师, 博士, 主要从事水文分析计算与水资源研究。

乌江是长江上游右岸最大的支流, 也是我国十三大水电能源基地之一^[1,2]。乌江流域水能资源丰富, 是贵州能源的重要组成部分, 是“西电东送”的主力电

源之一, 是国家实施西部大开发的重要环节。近十多年来乌江流域梯级开发步伐加快, 大型水电工程对乌江流域河川径流起到了再分配的作用。随着乌江干流梯级水电工程的基本建成, 乌江已不再是天然河道, 而是受到了梯级水利工程的重大影响, 水文特性也呈现出新的改变, 这些新的变化将对下游水库调度、防洪、水资源开发利用及生态环境带来显著改变, 也将对长江三峡水利枢纽产生重大影响。本文通过建立产流-汇流-调度模型, 对乌江干流中下游构皮滩、思林、沙沱、彭水4座梯级水库的蓄水调度进行动态模拟, 研究受到自然演变和工程影响条件下的径流变化规律, 为受梯级水库群影响下的水文预报、水库调度及水资源的合理开发利用提供一定的参考。

2. 乌江梯级开发概况

乌江流域水力资源普查工作始于1954年, 选择了一大批可供建坝的坝址, 提出了初步的开发方案。1965年以后, 乌江渡工程复工, 同时配合西南水电选点工作, 进行了乌江干流的规划, 并完成了猫跳河等6个梯级的开发。改革开放以后, 长江流域规划办公室开始全面进行乌江流域规划工作, 于1987年同贵阳勘测设计院一起共同编制完成《乌江干流规划报告》。在此基础上, 长办编制了《乌江流域综合利用规划报告》。根据该报告, 原推荐方案为11级开发方案, 即: 普定(1145 m)-引子渡(1088 m)-洪家渡(1140 m)-东风(970 m)-索风营(835 m)-乌江渡(760 m)-构皮滩(630 m)-思林(440 m)-沙沱(360 m)-彭水(293 m)-大溪口(210 m)。全部梯级总库容184.1亿 m^3 , 调节库容112.0亿 m^3 , 总装机容量879.5万kW, 年发电量

436.7亿kW·h。后考虑到三峡工程的兴建, 原规划的大溪口梯级取消, 增加银盘和白马两级枢纽^[3]。

3. 研究思路与模型的建立

3.1. 研究思路

本文以乌江干流乌江渡水文站~武隆水文站区间为研究对象, 将乌江流域划分为若干个子流域, 选取具有代表性的雨量站点, 应用新安江三水源模型计算各单元产流, 采用马斯京根分段连续演算对乌江河网进行概化演算。根据乌江构皮滩、思林、沙沱和彭水电站4座电站的主要设计参数和库容曲线建立水库调度模拟模型, 从而对乌江水库群进行调度模拟, 定量分析梯级水库在不同的调度规则下对武隆水文站径流变化的影响程度。

根据以上的研究思路, 本次建立了乌江降雨径流-河网汇流-水库调度模型, 该模型主要由降雨径流模型、河网汇流模型和水库调度模型组成。其中降雨径流模型采用新安江三水源模型^[4], 河网汇流模型采用马斯京根分段连续演算, 水库调度采用静库容法, 调度运行根据水库调度图控制。模型计算框图如图1所示。

3.2. 计算模型的建立

1) 资料的选择与子流域的划分。

本文研究重点在乌江渡水文站~武隆水文站区间, 主要分析构皮滩、思林、沙沱、彭水四座水电站的运行对下游武隆站径流的影响。随着上世纪80年代乌江梯级水电站的建成运行, 水文站实测数据受

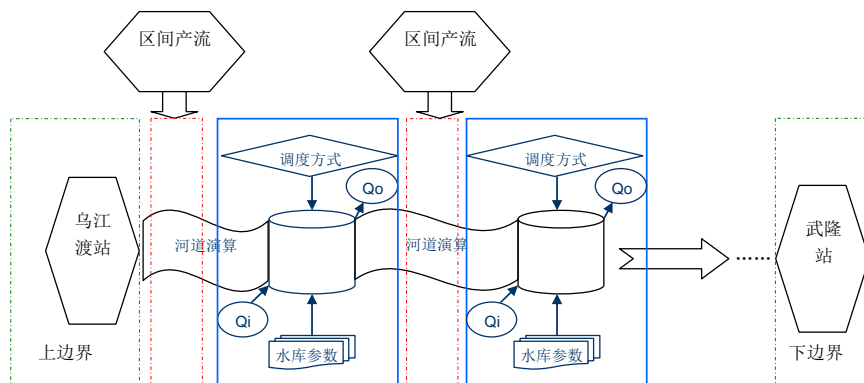


Figure 1. The sketch of research steps
图1. 计算框图

水库调蓄作用影响显著, 当前的实测资料已无法反映流域的实际情况。因此考虑到水利工程及资料条件, 本文采用受水电站运行作用影响较小的 1971~1980 年共 10 年的降雨径流资料率定模型的参数, 采用乌江渡电站运行后的 1984 年资料作为模型的检验。

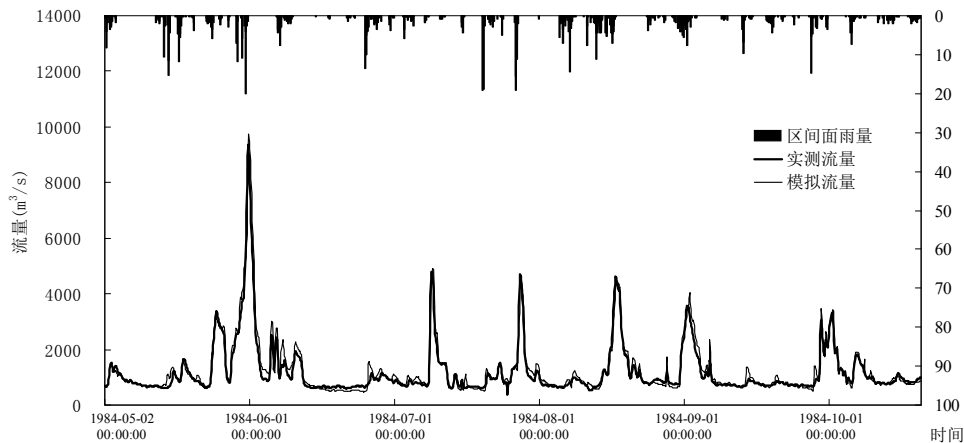
乌江渡水文站~武隆水文站区间面积约 5.5 万 km², 按照水库分布作为子流域分区节点, 将其划分为乌江渡 - 构皮滩区间、构皮滩 - 思林区间、思林 - 沙沱区间、沙沱 - 彭水区间、以及彭水 - 武隆区间。

2) 模型的检验。

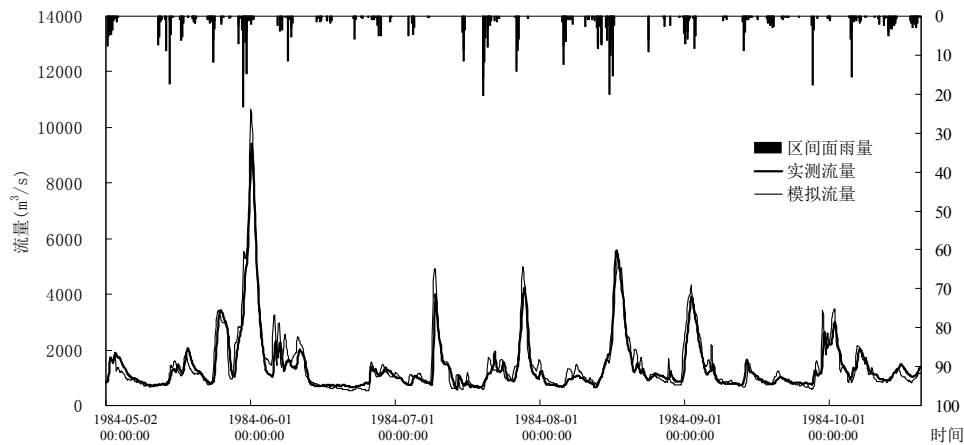
采用相对误差(RE)和确定性系数(DC)作为模型精度评价的指标^[5], 取模拟期内实测变幅的 20%作为许可误差, 模拟误差小于许可误差时视为合格, QR 为合格率。模拟精度分为三个等级, QR ≥ 85、DC ≥ 0.9 视为优秀, 85 > QR ≥ 70、0.9 > DC ≥ 0.7 视为良好, 70 > QR ≥ 60、0.7 > DC ≥ 0.5 视为合格。各子流域模拟精度见表 1 所示, 模拟结果与实测流量对比图见图 2。

Table 1. Simulation results of each sub-basin
表 1. 各子流域模拟精度

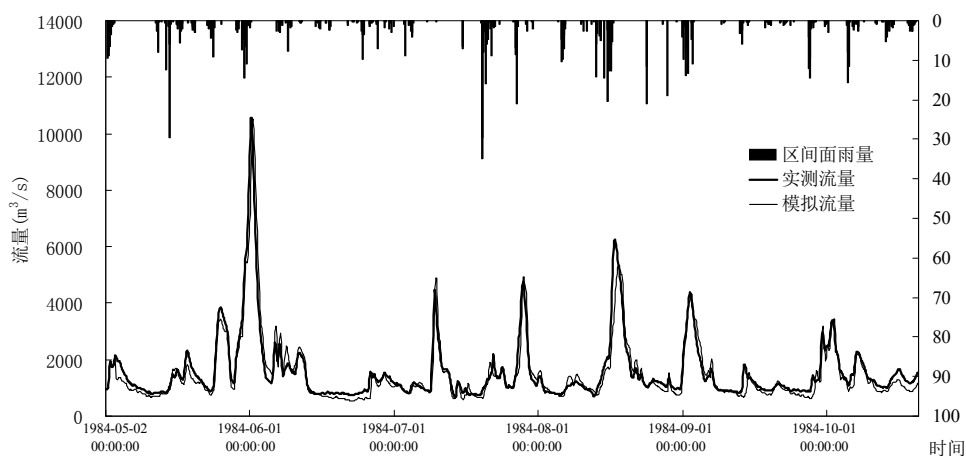
子流域名称	RE	DC	QR	模拟精度
乌江渡 - 构皮滩区间	12.9%	0.99	80.6%	良好
构皮滩 - 思林区间	16.7%	0.99	73.1%	良好
思林 - 沙沱区间	14.7%	0.99	72.8%	良好
沙沱 - 彭水区间	22.1%	0.99	65.8%	合格
彭水 - 武隆区间	20.1%	0.99	67.9%	合格



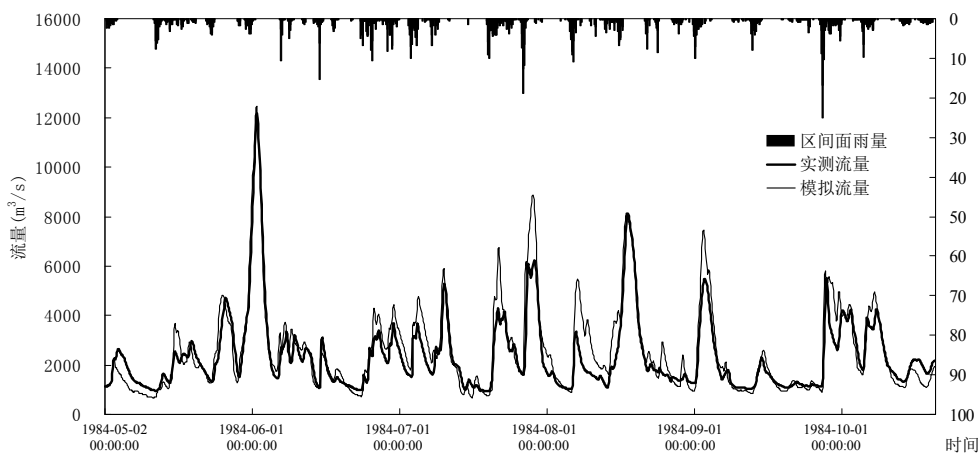
(1) 乌江渡 - 构皮滩区间



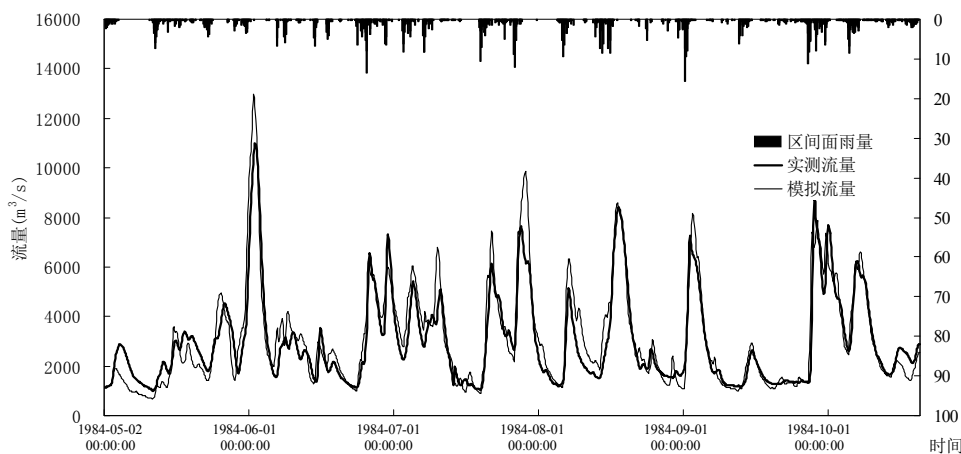
(2) 构皮滩 - 思林区间



(3) 思林 - 沙沱区间



(4) 沙沱 - 彭水区间



(5) 彭水 - 武隆区间

Figure 2. Comparison of simulated and observed discharge hydrographs for each sub-basin
图2. 各子流域模拟结果与实测流量对比图

检验结果表明本文建立的模型能够模拟乌江流域的径流过程, 使得乌江渡 - 构皮滩、构皮滩 - 思林、思林 - 沙沱区间能够达到良好标准, 沙沱 - 彭水和彭

水 - 武隆区间达到合格标准。

由于乌江流域集水面积较大, 流域产汇流情况复杂。对于沙沱以下区间, 由于存在洪渡河、阿蓬江、

郁江、芙蓉江等较大支流的汇入, 这几条大支流的集水面积均在 3000 km²以上, 因此对该区间河段的径流模拟成果精度无法很好的控制, 仍有待于进一步的研究。但从总体上来看, 该模型达到了合格的模拟要求, 基本上能够反映出流域的径流和洪水过程。

4. 水库运行对径流的影响

4.1. 模拟方案

本节利用建立的乌江降雨径流 - 河网汇流 - 水库调度模型, 对乌江中下游区域水库群的工程情况和调度方式进行模拟, 并根据设定的不同运行方案, 对水库群影响下的河川径流变化进行定量分析。

本文的水库群组合方案如下:

方案一: 构皮滩、思林、沙沱、彭水四座水库均不进行水库调节, 来多少水放多少水, 即河流成为天然河流, 没有水库参与运行。

方案二: 构皮滩电站参与调度, 其余电站不参与运行。

方案三: 思林电站参与调度, 其余电站不参与运行。

方案四: 沙沱电站参与调度, 其余电站不参与运行。

方案五: 彭水电站参与调度, 其余电站不参与运行。

方案六: 全部电站按照调度规则参与调度运行。

为便于比较不同库容的水库对径流影响的大小, 本文将方案一作为基本方案, 即没有水库参与调度运行的情况, 将其余方案与之比较, 并与天然径流对照。

4.2. 模拟结果

1) 构皮滩水库参与调度。

图 3 中粗实线为天然径流过程, 细实线为各水库均不参与运行调度条件下模型的模拟过程, 虚线为构皮滩水库参与运行条件下的来水过程。

从图中可以看出, 由于构皮滩水库均有年调节能力, 对径流的年内分配具有一定的影响作用。表 2 列出了该方案下武隆站来水总量和径流的年内变化情况。

由表 2 可以看出, 在不同的水库运行条件下, 武隆水文站来水量均不相同, 其中实测天然总径流量为 447.9 亿 m³, 方案一为未加任何水库调度的模型模拟

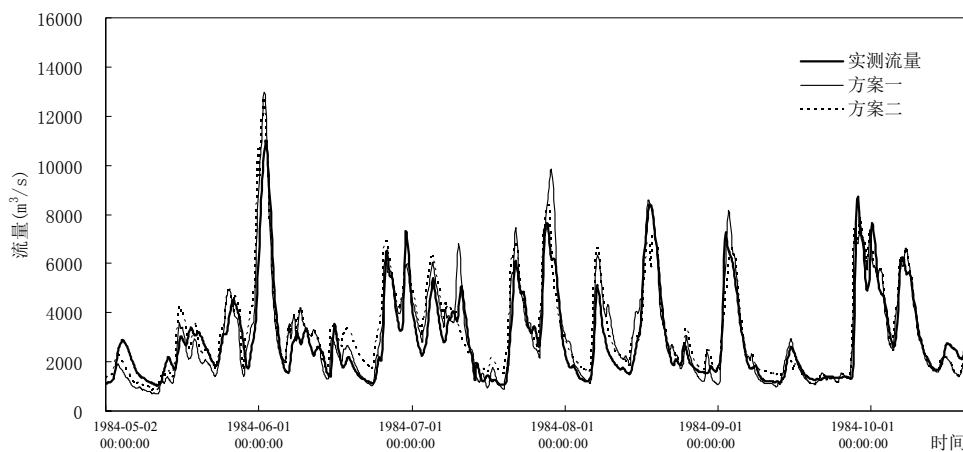


Figure 3. Stream flow variation at the Wulong station under condition of the Goupitan reservoir operation
图 3. 构皮滩水库单独运行条件下武隆站径流变化过程

Table 2. Monthly runoff at the Wulong station under condition of the Goupitan reservoir operation
表 2. 构皮滩水库单独运行条件下武隆站各月径流量

方案	5月2日~ 5月31日	6月1日~ 6月30日	7月1日~ 7月31日	8月1日~ 8月31日	9月1日~ 9月30日	10月1日~ 10月18日	总径流量(亿 m ³)
天然径流	58.5	91.1	98.0	82.6	72.9	44.8	447.9
方案一	55.6	94.7	103.0	85.9	73.8	47.3	460.3
方案二	62.9	93.0	101.1	84.3	71.1	44.2	456.5

成果, 通过计算得知总径流量为 460.3 亿 m³, 模拟方案较实测径流量偏大。当构皮滩水库进行调度后, 即方案二的总径流量为 456.5 亿 m³, 较之未加水库调度模拟成果减少 3.7 亿 m³。

从径流的年内分配过程可以看出, 由于水库的调节作用, 改变了下游来水过程。方案一为模拟天然径流过程, 方案二为构皮滩水库调节后的成果, 从表 2 中可以看出, 由于水库的调节作用, 改变了径流的年内分配过程。方案二与方案一相对比, 5 月份径流偏大 13%, 6 月份进入汛期后径流均呈现减少趋势, 其中 6 月份减少 2%, 7 月份减少 2%, 8 月份减少 2%, 9 月份减少 4%。在 9 月 10 日以后水库进入蓄水期, 10 月上旬径流减少 6%。

从上述分析可以看出, 由于构皮滩水库的年调节特性, 改变了径流的年内分配过程。在汛期拦截洪水, 因此造成流量偏低, 在枯期通过水库的供水, 其流量又有一定程度的提高^[6]。

2) 思林水库参与调度。

从图 4 中可以看出, 经思林水库调度后的径流过程与未加水库方案基本重合, 表明思林水库对径流的调节作用十分微弱。表 3 列出了该方案下武隆站来水

总量和径流的年内变化情况。

由表 3 可以看出, 武隆水文站实测天然总径流量为 447.9 亿 m³, 方案一为未加任何水库调度的模型模拟成果, 方案三为思林水库调节后的武隆站径流量。方案三与方案一相比较, 径流偏少 1.4 亿 m³, 差别主要集中在汛末蓄水期。由于思林水库的日调节性能, 水库对径流的影响主要集中在一天之内, 从长期来看水量保持平衡。在汛后蓄水期, 由于水库从汛限水位蓄至正常蓄水位, 导致下游流量出现减少的过程。

3) 沙沱水库参与调度。

从图 5 中可以看出, 经沙沱水库调度后的径流过程与未加水库方案基本重合, 表明沙沱水库对径流的调节作用十分微弱。表 4 列出了该方案下武隆站来水总量和径流的年内变化情况。

表 4 可以看出, 武隆水文站实测天然总径流量为 447.9 亿 m³, 方案一为未加任何水库调度的模型模拟成果, 方案四为经沙沱水库调节后的武隆站径流量。方案四与方案一相比较, 径流减少 1.5 亿 m³, 差别主要集中在汛末蓄水期。由于思林水库的日调节性能, 水库对径流的影响主要集中在一天之内, 从长期来看水量保持平衡。在汛后蓄水期, 由于水库从汛限水位

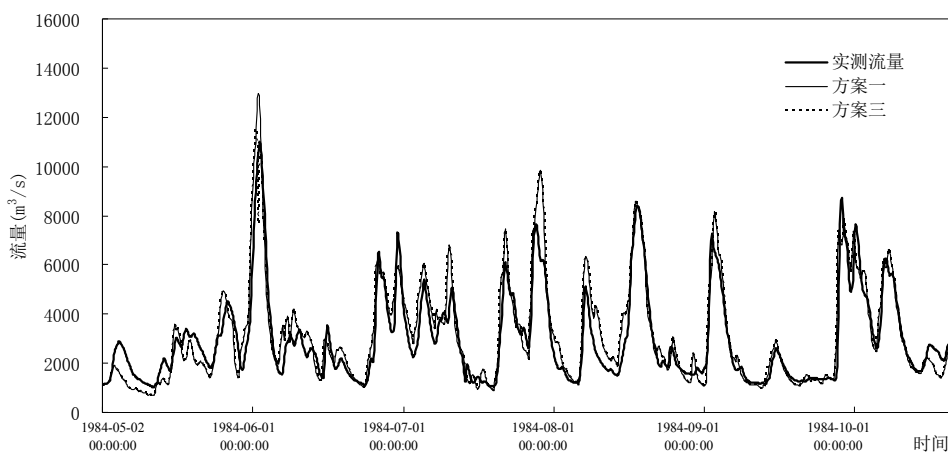


Figure 4. Stream flow variation at the Wulong station under condition of the Silin reservoir operation
图 4. 思林水库单独运行条件下武隆站径流变化过程

Table 3. Monthly runoff at the Wulong station under condition of the Silin reservoir operation
表 3. 思林水库单独运行条件下武隆站各月径流量

方案	5月2日~ 5月31日	6月1日~ 6月30日	7月1日~ 7月31日	8月1日~ 8月31日	9月1日~ 9月30日	10月1日~ 10月18日	总径流量 (亿 m ³)
天然径流	58.5	91.1	98.0	82.6	72.9	44.8	447.9
方案一	55.6	94.7	103.0	85.9	73.8	47.3	460.3
方案三	55.6	94.3	103.0	85.9	73.4	46.6	458.9

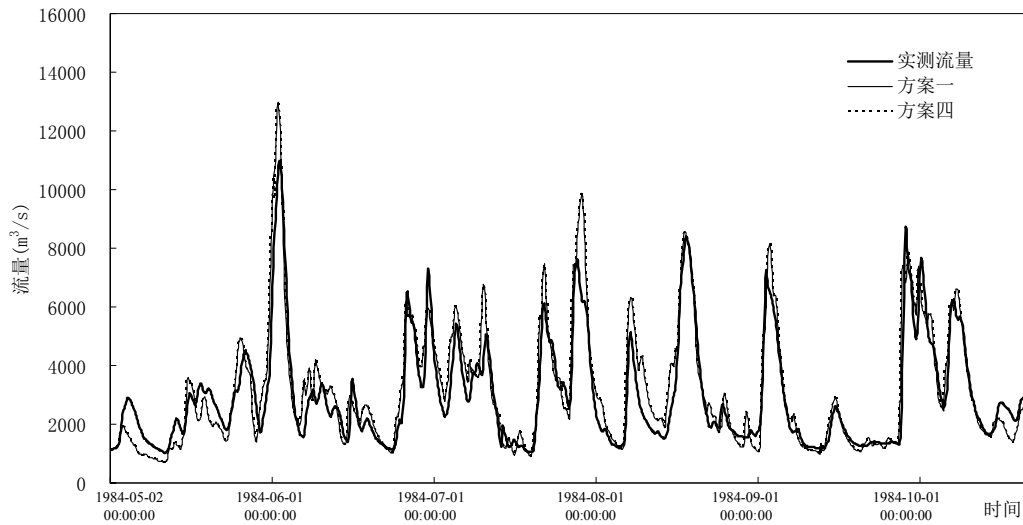


Figure 5. Stream flow variation at the Wulong station under condition of the Shatuo reservoir operation
图 5. 沙沱水库单独运行条件下武隆站径流变化过程

Table 4. Monthly runoff at the Wulong station under condition of the Shatuo reservoir operation
表 4. 沙沱水库单独运行条件下武隆站各月径流量

方案	5月2日~ 5月31日	6月1日~ 6月30日	7月1日~ 7月31日	8月1日~ 8月31日	9月1日~ 9月30日	10月1日~ 10月18日	总径流量 (亿 m³)
天然径流	58.5	91.1	98.0	82.6	72.9	44.8	447.9
方案一	55.6	94.7	103.0	85.9	73.8	47.3	460.3
方案四	55.6	94.3	103.0	85.9	73.3	46.6	458.8

蓄至正常蓄水位, 导致下游流量出现减少的过程。

4) 彭水水库参与调度。

由表 5 可以看出, 武隆水文站实测天然总径流量为 447.9 亿 m³, 方案一为未加任何水库调度的模型模拟成果, 方案五为经彭水水库调节后的武隆站径流量。方案五与方案一相对比, 5 月份径流增加 1.6 亿 m³, 6 月份进入汛期后径流呈现减少趋势, 至 9 月 10 日蓄水期后, 径流持续减少, 总径流量与未加水库调度相比减少 1.8 亿 m³(见图 6)。

5) 全部水库参与调度。

将构皮滩、思林、沙沱、彭水四座水库全部加入调度, 可以得到全部水库参与运行时下游来水过程, 如图 7 所示。

将不同方案条件下武隆水文站各月径流量列于表 6 中。从表中可以看出, 方案六条件下武隆站径流变化幅度最大。由此可见梯级水库群的联合影响使得下游来水产生较为显著的变化。最大变化月份集中在枯季末期, 以及汛末蓄水期。

从表 6 中可以看出, 当存在梯级水库群调节时,

武隆站来水量会随之产生不同的响应。为定量分析, 将各方案成果与方案一进行对比, 如表 7 所示。

从总体上来看, 通过水库的调节, 在枯季下游径流量比天然径流有所增加; 在汛期由于水库的削峰作用, 拦截了部分洪峰流量, 并使得总体来水量有所减少; 在汛末蓄水期, 径流减少幅度最大, 并且水库越多, 影响越明显。

乌江干流中下游 4 座水库全部运行后对下游武隆水文站的来水量产生了一定的影响, 枯季 5 月份径流量增加了 9.15%, 汛期 6~8 月份径流量减少了 2.27%~4.37%, 汛末蓄水期 9~10 月份径流量减少了 6.19%~15.37%。

图 8 为武隆站来水总量累积过程, 从图中可以看出不同方案下总径流量的交替上升过程, 其中方案一为未加水库的模拟值, 其来水量最大; 方案六为所有水库调节后的成果, 来水总量最小; 方案三、方案四和方案五基本重合。

通过模拟分析得知, 乌江干流中下游 4 座水库全部运行后对下游武隆水文站的来水量产生了一定的

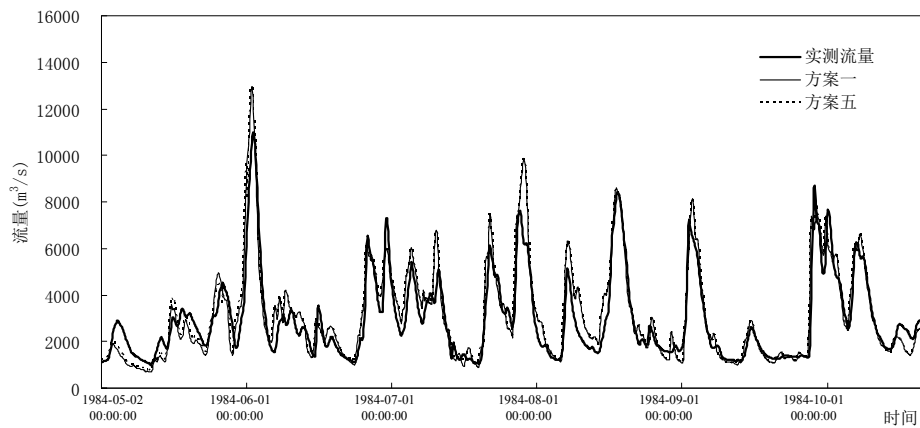


Figure 6. Stream flow variation at the Wulong station under condition of the Pengshui reservoir operation
图 6. 彭水水库单独运行条件下武隆站径流变化过程

Table 5. Monthly runoff at the Wulong station under condition of the Pengshui reservoir operation
表 5. 彭水水库单独运行条件下武隆站各月径流量

方案	5月2日~ 5月31日	6月1日~ 6月30日	7月1日~ 7月31日	8月1日~ 8月31日	9月1日~ 9月30日	10月1日~ 10月18日	总径流量 (亿 m³)
天然径流	58.5	91.1	98.0	82.6	72.9	44.8	447.9
方案一	55.6	94.7	103.0	85.9	73.8	47.3	460.3
方案五	57.2	94.3	103.0	85.9	72.6	45.4	458.5

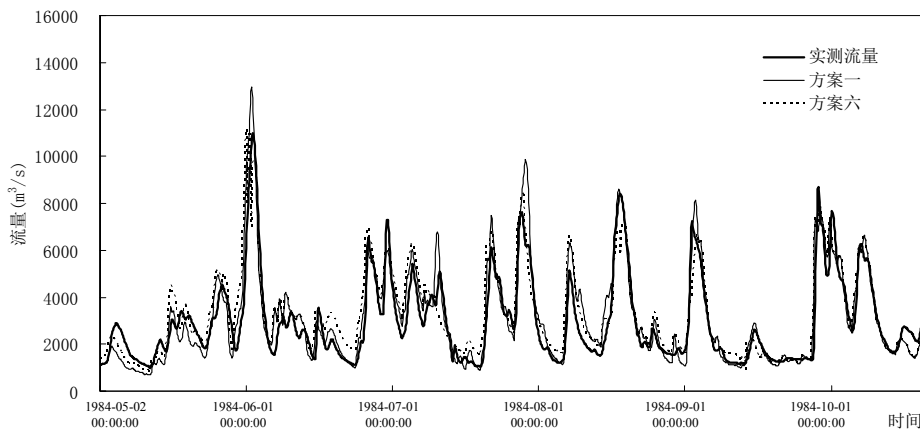


Figure 7. Stream flow variation at the Wulong station under condition of the Wulong cascade reservoirs operation
图 7. 梯级水库群联合运行条件下武隆站径流变化过程

Table 6. Monthly runoff at the Wulong station under different operation schemes
表 6. 不同方案条件下武隆站各月径流量

方案	水库特性	5月2日~ 5月31日	6月1日~ 6月30日	7月1日~ 7月31日	8月1日~ 8月31日	9月1日~ 9月30日	10月1日~ 10月18日	总径流量 (亿 m³)
天然径流	无水库	58.5	91.1	98.0	82.6	72.9	44.8	447.9
方案一	无水库	55.6	94.7	103.0	85.9	73.8	47.3	460.3
方案二	年调节	58.3	93.0	101.1	84.3	71.1	44.2	452.0
方案三	日调节	55.6	94.3	103.0	85.9	73.4	46.6	458.9
方案四	日调节	55.6	94.3	103.0	85.9	73.3	46.6	458.8
方案五	不完全年调节	57.2	94.3	103.0	85.9	72.9	45.4	458.7
方案六	梯级水库群	61.2	92.6	99.6	82.3	69.5	41.0	446.2

Table 7. Monthly runoff variation at the Wulong station under different operation schemes
表 7. 不同方案条件下武隆站各月径流量变化情况

方案	5月2日~ 5月31日	6月1日~ 6月30日	7月1日~ 7月31日	8月1日~ 8月31日	9月1日~ 9月30日	10月1日~ 10月18日	总径流量 (亿 m ³)
方案二	变化量(亿 m ³)	2.7	-1.7	-1.9	-1.6	-2.7	-8.3
	变化幅度(%)	4.63	-1.83	-1.88	-1.90	-3.80	-1.84
方案三	变化量(亿 m ³)	0.0	-0.4	0.0	0.0	-0.4	-1.4
	变化幅度(%)	0.00	-0.42	0.00	0.00	-0.54	-0.31
方案四	变化量(亿 m ³)	0.0	-0.4	0.0	0.0	-0.5	-1.5
	变化幅度(%)	0.00	-0.42	0.00	0.00	-0.68	-0.33
方案五	变化量(亿 m ³)	1.6	-0.4	0.0	0.0	-0.9	-1.6
	变化幅度(%)	2.80	-0.42	0.00	0.00	-1.23	-0.35
方案六	变化量(亿 m ³)	5.6	-2.1	-3.4	-3.6	-4.3	-14.1
	变化幅度(%)	9.15	-2.27	-3.41	-4.37	-6.19	-3.16

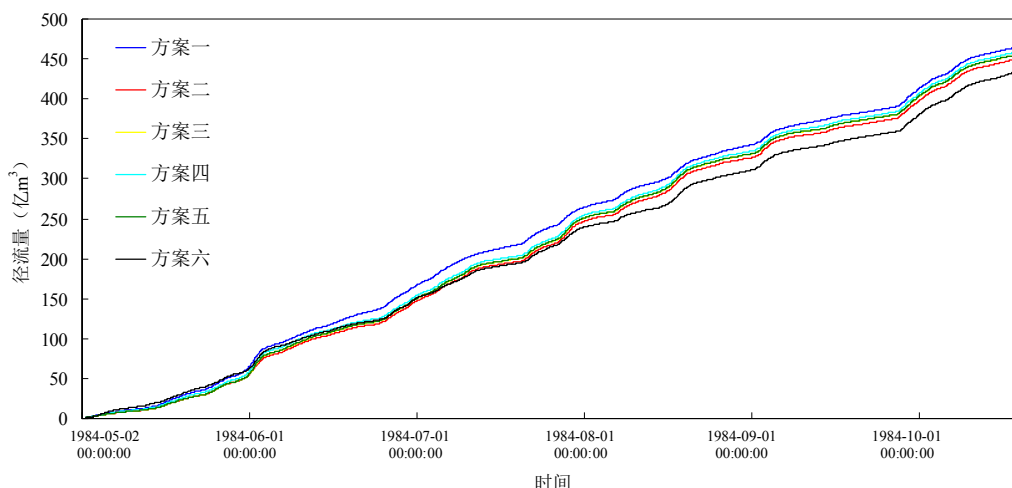


Figure 8. Runoff mass curves at the Wulong station under different operation schemes
图 8. 不同方案条件下武隆站来水总量累积过程

影响, 枯季 5 月份径流量增加了 9.15%, 汛期 6~8 月份径流量减少了 2.27%~4.37%, 汛末蓄水期 9~10 月份径流量减少了 6.19%~15.37%。从总体上来看, 日调节水库对径流的年内分配影响幅度不大, 并主要集中在汛末蓄水期; 年调节、不完全年调节水库能够在一定程度上改变径流的年内分配过程, 改变幅度与水库自身的特征参数有关。一般来说, 调节库容越大的水库对径流的改变越明显。除多年调节水库外, 基本不会改变径流的年际变化特征。

5. 结论与讨论

本文主要针对乌江梯级水库群的实际情况, 采用乌江水水库调度模型对不同方案条件下武隆站来水过程进行了模拟。研究结果表明, 梯级水库对径流具有

一定的影响, 其大小不但取决于水库的调节库容和防洪库容的大小, 而且还和水库的调度规则、库容曲线等息息相关。但从总体上来看, 日调节水库对径流的影响幅度不大, 年调节、不完全年调节水库能够在一定程度上改变径流的年内分配过程, 其改变幅度与水库自身的特征参数有关。一般来说, 调节库容越大的水库对径流的改变越明显, 除多年调节水库外, 基本不会改变径流的年际变化特征。

从上世纪 80 年代开始, 乌江流域梯级开发逐步进入快速发展的阶段, 目前, 乌江干流上的乌江渡水电站、东风水电站、普定水电站、引子渡水电站均已建设完成并投产发电; 洪家渡水电站、索风营水电站、东风水电站扩机工程也分别于 2004 年、2006 年、2005 年投产发电; 构皮滩水电站于 2008 年下闸蓄水, 2009

年投入运行; 思林水电站于 2009 年下闸蓄水并投入运行; 沙沱水电站于 2007 年实现一期(右岸)截流, 2008 年实现二期(左岸)截流, 2010 年下闸蓄水, 预计于 2012 年初实现首台机组发电; 彭水电站于 2007 年下闸蓄水, 2009 年竣工。乌江干流梯级水电开发已进入最后的冲刺阶段, 干流规划的 11 级梯级电站已初具规模。

随着水库的运行和调度, 对径流的影响日趋明显, 并主要表现在流量的分配过程上, 特别是洪峰流量的差别, 导致两者之间的差距明显。通过分析发现主要原因有两个方面^[7]: 一是模型计算时划分的子流域区间过大, 可能导致模型计算误差偏大; 二是水库的实际调度规则与模型模拟的调度规则之间存在差异, 特别是汛期的防洪调度, 导致下游来水量变化较大。这也显示出模型的模拟精度, 以及水库的调度运行方案, 有待于进一步的研究。

参考文献 (References)

- [1] 长江水利委员会. 长江志[M]. 北京: 中国大百科全书出版社, 2002.
Changjiang Water Resources Commission. The history of Yangtze River. Beijing: Encyclopedia of China Publishing House, 2002. (in Chinese)
- [2] 郭海晋, 王政祥, 邹宁. 长江流域水资源概述[J]. 人民长江, 2008, 39(17): 3-5, 11.
GUO Haijin, WANG Zhengxiang and ZOU Ning. Summarize of water resource for the Yangtze River basin. Yangtze River, 2008, 39(17): 3-5, 11. (in Chinese)
- [3] 张明波, 张新田, 余开金. 乌江流域水文气象特性分析[J]. 水文, 1999, 6: 53-56.
ZHANG Mingbo, ZHANG Xintian and YU Kaijin. Analysis on characteristic of hydrology and meteorology for Wujiang River basin. Journal of China Hydrology, 1999, 6: 53-56. (in Chinese)
- [4] 赵人俊. 流域水文模拟——新安江模型与陕北模型[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1984.
ZHAO Renjun. Hydrological simulation of watershed——Xin-anjiang model and Shanbei model. Beijing: China Water Power Press, 1984. (in Chinese)
- [5] 水利部. 水文情报预报规范[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000.
Ministry of Water Resource. Standard of hydrological information and hydrological forecasting. Beijing: China Water Power Press, 2000. (in Chinese)
- [6] 徐高洪, 黄家文, 蒋鸣. 构皮滩电站施工期乌江渡水库洪水调度研究[J]. 人民长江, 2004, 35(11): 51-52.
XU GaoHong, HUANG Jiawen and JIANG Ming. Flood control operation of Wujiangdu Reservoir during construction period of Goupitan hydropower station. Yangtze River, 2004, 35(11): 51-52. (in Chinese)
- [7] 丁胜祥, 王俊, 沈燕舟, 李中平. 长江上游大型水库运用对三峡水库汛末蓄水影响的初步分析[J]. 水文, 2012, 32(1): 32-38.
DING Shengxiang, WANG Jun, SHEN Yanzhou and LI Zhongping. Impact of large reservoir operation in upper Yangtze River Reach on refill operation of Three Gorges Reservoir at end of flood period. Journal of China Hydrology, 2012, 32(1): 32-38. (in Chinese)