

# 澜沧江干流水电站建设前后出境点径流变化分析<sup>\*1</sup>

雷四华, 刘静楠, 顾颖, 耿雷华

(水文水资源与水利工程科学国家重点实验室、南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029)

**摘要:**澜沧江干流水电站已在规划建设中, 本文应用流域整体水资源模拟模型及径流扰动分析方法, 对干流水电站建设前后的径流变化进行研究分析. 结果表明: ①水电站建设后出境点的径流过程与来水情况基本一致, 在远景枯水年略有波动; ②在同一情景年不同来水情况其扰动具有一致性, 远景年扰动最强烈; ③随着水电站建设, 年内对出境点径流扰动逐渐增强, 但年际径流总量保持不变; ④模型及扰动分析计算方法, 可有效地分析计算水电站建设过程对出境点的径流变化过程影响, 为评价水电站建设对水生态环境影响提供了一种途径.

**关键词:**澜沧江; 出境点; 水电站建设; 径流分析

**中图分类号:** P 333.9   **文献标识码:** A   **文章编号:** 0258-7971(2010)01-0058-05

近年来关于澜沧江流域的水资源分配、水电站建设对河流生态、水文情势的影响研究成为热点, 陈丽晖等从国际河流角度对澜沧江-湄公河整体水分配提出指标依据和整体原则思路<sup>[1]</sup>, 康斌等归纳了澜沧江鱼类生物多样性的研究进展<sup>[2]</sup>, 何大明对国内外跨境安全生态研究进行综述, 并对纵向岭谷区的跨境生态问题类型、特点、驱动力进行判识分析<sup>[3]</sup>, 刘恒等分析了澜沧江云南段水资源利用趋势<sup>[4]</sup>. 水能开发对生态影响方面, 魏国良等以澜沧江漫湾电站为例作了研究<sup>[5]</sup>, 耿雷华等以澜沧江为例, 对健康河流的评价指标和评价标准进行研究<sup>[6]</sup>; 傅开道从澜沧江干流水库蓄水拦沙对下游产生的物理化学及生态影响进行了分析和预测<sup>[7]</sup>. 在水文情势影响方面, 尤卫红等应用相关分析和小波变换方法对月径流量变化的相关特征和多时间尺度特征进行了研究<sup>[8]</sup>, 何大明、顾颖等利用近 40 a 的水文资料, 分不同水平年就澜沧江雨季旱季水电站运行对下游水文效应及影响进行了研究<sup>[9-10]</sup>; 王云莉等研究了澜沧江干流电站调度运行方案<sup>[11]</sup>; 本文作者在澜沧江流域水资源开发利用趋势分析中研制了流域整体水资源模拟模型<sup>[12]</sup>, 对澜沧江流域水循环过程作了模拟. 在深化流域整体水资源模拟模型的基础上, 本文着重从梯

级电站建设运行对出境点径流变化影响进行研究.

## 1 计算模型

**1.1 模型概述** 研究中所采用的模拟模型是流域整体水资源模拟模型, 该模型是基于水文循环原理应用计算机及数据库技术构造的数学模型, 由刘恒及该文作者等人参与研制完成, 模型详细构建原理及功能结构可参见文献[12]. 在该实例研究中, 根据澜沧江流域各分区来水及干流梯级断面汇流过程, 对澜沧江全流域的水资源开发利用情况进行模拟, 模拟对象包括农作物生长和灌溉过程、生态需水和境内调水、工业和生活用水等. 通过该模型可以计算不同水平年不同保证率条件下的水资源的供需平衡状况、流域内的工农业用水变化过程以及澜沧江干流各断面径流量变化情况, 并可以模拟出澜沧江干流中下游河段已建和规划中的水电站的来水出流及年发电量变化过程<sup>[12]</sup>. 模型分析计算结构如图 1, 包括基础资料分析、用水保证率分析、计算分区划分、计算节点及断面设置等模型构建基础工作, 以及参数设置、水量平衡计算、成果分析等处理过程.

**1.2 模型验证** 在澜沧江干流选择香达、溜筒江、旧州、戛旧、允景洪等水文站作为检验的控制

\* 收稿日期: 2008-12-28

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)课题(2003CB415104)

作者简介: 雷四华(1973-), 男, 江西人, 高级工程师, 主要从事水资源、水利信息化研究, E-mail: shlei@nhri.cn.

点,采用现状条件下的来水和用水资料作为模型计算输入,对计算参数进行设置调整,使得模拟结果与实测数据拟合,并达到允许误差以内。

图1 模型分析计算结构

Fig. 1 The structure of model analyzing and calculating

表1 澜沧江干流已建或规划电站特征值

Tab. 1 The character data of Lancangjiang main stream's built and programming power stations

电站名	功果桥	小湾	漫湾	大潮山	糯扎渡	景洪	橄榄坝	勐松
正常蓄水位/m	1 319	1 240	994	899	812	602	—	—
死水位/m	1 311	1 162	983	887	757	596	—	—

— 径流电站

**2.3 多情景径流模拟** 按现状年(2000年)、近景年(2010年)、远景年(2020年)3种情景分析电站建设前后出境点流量变化。现状年有漫湾、大潮山2座水电站已建成,近景年增加小湾、景洪2座水电站,远景年再增加功果桥、糯扎渡、橄榄坝、勐松水电站,使用模型分别对3种情景模拟。

**2.3.1 现状年径流模拟** 漫湾、大潮山为现状年已建的水电站,水库调度运行规则中首要考虑的因素是水位控制上限,在模型研制中将水库调度规则分为汛期和非汛期,按月设置控制水位上限,汛期为6~9四个月。漫湾电站6月、9月控制水位上限设置为991 m、7月、8月控制水位上限设置为990 m,非汛期水位上限设置为994 m;大潮山电站6月、9月控制水位上限893 m、7月、8月控制水位上

## 2 径流模拟分析

**2.1 水电站建设概况** 澜沧江流域云南境内规划14个梯级电站,首先实施中下游河段两库八级开发方案,自上而下为功果桥、小湾、漫湾、大潮山、糯扎渡、景洪、橄榄坝、勐松电站(各电站规划正常蓄水位及死水位如表1),其中小湾和糯扎渡为多年调节水库。漫湾(1986年正式开工,1998年全面竣工)、大潮山(1993年12月导流工程施工,2003年全部建成投产)水电站已建成运行,小湾电站2002年已正式开工,2004年11月大江截流,预期2012年机组全部投产,糯扎渡、景洪电站即将开工建设<sup>[13]</sup>。

**2.2 确定径流典型年** 旧州、戛旧和允景洪均为澜沧江干流水文站,且资料较全,对建坝前的1960年至1985年26年实测资料进行排频分析,可知1966年为丰水年,旧州、戛旧、允景洪3站年平均径流量为2 264,3 056,4 994 m<sup>3</sup>/s;1972年为枯水年,3站年平均径流量为1 496,1 867,2 949 m<sup>3</sup>/s;多年平均径流量3站分别为1 936,2 498,3 764 m<sup>3</sup>/s。

限设为892 m,非汛期水位控制上限为899 m。在保证工农业、生活、生态、航运等需水的条件下,若超过控制水位上限则水库弃水作为下游的入流量;若低于死水位,则依次减少农业工业的生产用水量保证水库运行安全。用水资料采用全国水资源综合规划提供的现状年的用水情况。现状年出境点的径流过程线如图2,该图包括丰水年、枯水年及多年平均过程线,即在不同的来水情况下(丰水:1966年资料、枯水:1972年资料、多年平均),水电站建设、工农业生产、生活、生态等为现状水平,利用模拟模型计算的出境点径流过程;从图可知峰值最大的是丰水年径流过程,其次是多年平均和枯水年径流过程。

图 2 不同来水情况下现状年出境点径流过程线

Fig. 2 Present year process of leave country runoff under differ water scene

2.3.2 近景年径流模拟 小湾水电站目前正在建设中,预期 2012 年全面投入运行,景洪电站即将开工建设,小湾电站汛期设计控制水位是 1 208 m,景洪为 598 m. 为了与规划统计资料保持一致,以 2010 年作为近景年,近景年各计算分区的需水采用《西南诸河片水中长期供求计划报告》中的数据,近景年小湾、漫湾、大朝山、景洪 4 座水电站调度运行规则同现状年,即按控制水位进行年调节. 小湾电站 6 月、9 月控制水位上限为 1 210 m,7 月、8 月控制水位上限为 1 208 m,非汛期水位上限为 1 240 m;景洪电站 6 月、9 月控制水位上限为 600 m,7 月、8 月控制水位上限为 598 m,非汛期水位上限为 602 m. 近景年出境点模拟径流过程线如图 3,比较近景年与现状年过程线可知,近景年 3 条过程线的峰值均低于现状年,而年内变化趋势相同.

图 3 不同来水情况下近景年出境点径流过程线

Fig. 3 Near future year process of leave country runoff under differ water scene

2.3.3 远景年径流模拟 以 2020 年为远景年,预期功果桥、糯扎渡、橄榄坝、勐松电站投入运行,橄榄坝、勐松为径流电站,不起调节作用;功果桥汛限水位 1 315 m,糯扎渡汛限水位 802 m. 在近景年基础上,以现状年至近景年的平均增长幅度作为近景年至远景年的增幅,从而计算出 2020 年各分区用水量,模拟计算中功果桥 6 月、9 月控制水位上限为 1 316 m,7 月、8 月控制水位上限为 1 315 m,非汛期水位上限为 1 319 m;糯扎渡 6 月、9 月控制水位上

限为 803 m,7 月、8 月控制水位上限为 802 m,非汛期水位上限为 812 m. 远景年澜沧江干流将有 8 座电站,除径流电站外,其他电站调度规则按水位上限控制,出境点计算结果如图 4,从图中可知,远景年水电站建设对出境点径流具有较大的扰动.

图 4 不同来水情况下远景年出境点径流过程线

Fig. 4 Remote future year process of leave country runoff under differ water scene

## 2.4 模拟结果分析

2.4.1 径流变化趋势分析 依照水电站规划建设先后顺序对 3 种情景进行模拟,出境点的典型年及多年平均各月平均径流量如表 2 所示. 澜沧江干流水电站建设过程对出境点年际径流量影响很小,丰水年中由现状至远景变化最大也只有 3%;而对出境点月径流量变化则呈现出不确定性,如由现状至远景在枯水年 1 月份出境点径流量呈增长趋势,丰水年 10 月份呈减少趋势;从多年平均资料分析可知远景年出境点径流趋于平缓,丰水季节最大径流比现状年减少了 10.7%,枯水季节径流量相应的增加,水电站的调峰补枯功能作用显著.

2.4.2 对径流扰动分析 为了进一步分析水电站对下游径流的影响,建立径流扰动的概念. 在用水、来水水平相同情况下,应用模拟模型对原始状态和规划水电站 2 种状态模拟,比较分析出境点径流量. 原始状态在此指的是经济社会按规划发展,而干流各电站均未建设的假设状态. 通过对现状、近景、远景 3 种情景的 2 种状态模拟,分析水库建设前后出境点径流改变值,即扰动程度. 设  $N_{ij}$  为干流上未建水电站的出境点流量,是  $B_{ij}$  已建水电站时出境点流量, $i$  为资料年份, $j$  为资料月份,取值为 1 至 12, $n$  为资料年数, $D_j$  为径流量差的多年平均值,即径差均值,可作为电站运行对出境点径流的扰动值,该计算公式为:

$$D_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (B_{ij} - N_{ij}).$$

表 2 多情景模拟出境点径流量对比

Tab. 2 Leave country runoff multi - scene comparing

m<sup>3</sup>/s

		1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年平均
丰水年 (1966 年为例)	现状	1 157	968	913	1 035	1 138	2 589	4 907	8 561	8 038	4 616	2 259	1 609	3 149
	近景	1 262	1 267	1 001	1 051	1 186	2 017	4 135	8 524	7 982	4 590	2 174	1 670	3 072
	远景	1 256	1 223	1 115	1 039	1 145	1 832	4 607	8 057	8 405	3 930	2 724	1 292	3 052
枯水年 (1972 年为例)	现状	844	607	642	834	1 095	1 876	4 133	3 928	3 035	2 100	1 687	1 055	1 820
	近景	1 045	1 161	906	968	1 104	1 385	2 664	3 891	2 980	2 081	1 692	1 329	1 767
	远景	1 263	1 068	1 025	965	1 061	1 300	2 471	4 405	2 110	3 049	1 123	1 470	1 776
多年平均	现状	801	588	608	905	1 244	2 845	4 965	5 256	4 264	2 950	1 847	1 167	2 287
	近景	1 067	1 108	903	994	1 169	1 852	4 259	5 163	4 209	2 923	1 915	1 413	2 248
	远景	1 155	1 046	1 003	979	1 113	1 694	4 690	4 628	4 745	2 427	2 213	1 252	2 245

经模拟计算得现状、近景、远景 3 情景多年平均扰动过程,如图 5 所示,现状 2000 年扰动相对平和,只在 5,1 月有较明显扰动,而在近景及远景时水电站运行对径流扰动较显著,尤其是远景,从其扰动过程线可看出,干流水电站对出境点径流呈上下跳跃式扰动,远景年梯级电站具有较强的径流调节功能。

图 5 多情景的水电站扰动过程

Fig. 5 Process of water power station harass on stream at multi - scene

### 3 结论和展望

该研究根据水量平衡原理,通过流域整体水资源模拟模型,利用澜沧江干流建坝前的 26 a 实测资料,对澜沧江流域内的水资源变化过程进行模拟,分析了澜沧江干流梯级电站建设运行对出境点径流的影响。根据以上分析,可得到以下几点主要结论:

(1) 利用流域整体水资源模拟模型,按照水电站建设的现状、近景及远景,并在同一水电站建设情景下,从多年实测来水资料中选择丰水年、枯水年及多年平均值,分别作为模型输入,对水电站运行过程模拟,计算结果表明,出境点的径流过程与

来水情况基本一致,在远景枯水年略有波动;

(2) 将水电站建设前后的径流均差作为变化参考量,并作为水电站运行对出境点径流的扰动值,经计算得知,在同一情景年不同来水情况其扰动具有一致性,远景年扰动最强烈;

(3) 在现状、近景及远景,水电站运行对年内径流均有调节功能,随着水电站建设,年内对出境点径流扰动逐渐增强,但年际径流总量保持不变;

(4) 该研究所采用的模型及扰动分析计算方法,可有效地分析计算水电站建设过程对出境点的径流变化过程影响,该文基本回答了澜沧江干流水电站建设的径流变化规律及跨境影响问题。

在河流水电站的开发可行性论证中,强调的往往是电能需求及输送的经济效益,而没能充分评估水电开发对水环境、水生态的影响和破坏,用于动植物繁殖生长需求的径流量常不在其考虑之列;而利用模拟模型可将生态需水过程进行统筹考虑,可对生态需水模拟,为水电站建设对水生态环境影响评价提供了一种途径,本文作者将继续深入细化模型计算参数,提高模型精度,更好地为水电站建设及水环境保护服务。

### 参考文献:

- [1] 陈丽晖,何大明. 澜沧江-湄公河整体水分配[J]. 经理地理. 2001,21(1):28-32.
- [2] 康斌,何大明. 澜沧江鱼类生物多样性研究进展[J]. 资源科学. 2007,29(5):195-200.
- [3] 何大明,柳江,胡金明,等. 纵向岭谷区的跨境生态安全与调控体系[J]. 科学通报. 2007,52(A02):1-9.
- [4] 刘恒,刘九夫,唐海行. 澜沧江流域(云南段)水资源

- 开发利用现状与趋势分析. 水科学进展, 1998, 9(1):70-75.
- [5] 魏国良, 催保山, 董世魁, 等. 水电开发对河流生态系统服务功能的影响——以澜沧江漫湾水电工程为例[J]. 环境科学学报. 2008, 28(2):235-242.
- [6] 耿雷华, 刘恒, 钟华平, 等. 健康河流的评价指标和评价标准[J]. 水利学报, 2006, 37(3):253-258.
- [7] 傅开道, 何大明. 澜沧江干流水库拦沙效应分析与预测[J]. 科学通报. 2007, 52(A02):117-122.
- [8] 尤卫红, 何大明. 澜沧江月径流量变化的相关性和多时间尺度特征[J]. 云南大学学报:自然科学版, 2005, 27(4):312-322.
- [9] 何大明, 冯彦, 甘淑, 等. 澜沧江干流水电开发的跨境水文效应[J]. 科学通报, 2006, 51(增刊):14-20.
- [10] 顾颖, 雷四华, 刘静楠. 澜沧江梯级电站建设对下游水文情势的影响[J]. 水利水电技术. 2008, 39(4):20-23.
- [11] 王云莉, 刘亚辉, 石永燕. 澜沧江景洪电站日调节运行方案的研究[J]. 重庆建筑大学学报, 2006, 28(5):43-46.
- [12] 雷四华, 刘静楠. 流域整体水资源系统模拟模型及其应用[M]//水利学会第二届青年科技论坛. 郑州:黄河水利出版社, 2005:76-79.
- [13] 韩大伟. 加速澜沧江水电梯级滚动开发[EB/OL]. 2006-08-28, www.chinapower.com.cn/article/1043/art1043147.asp.

## Analysis the effect of the hydropower station building of Lancangjiang main stream on the change of runoff at leave country section

LEI Si-hua, LIU Jing-nan, GU Ying, GENG Lei-hua

(State Key Laboratory of Hydrology and Water Resource and Hydraulic Engineering Science, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

**Abstract:** On the Lancangjiang main stream, hydropower stations have been programming and building. The paper utilizes the Water Resource Model for the Whole Basin (WRMWB) which developed by author and colleague, and the method for analyzing hydropower station trouble to the runoff, for analysing the change process of runoff in building hydropower station. The results indicated that①The runoff process of leave country section mainly consistent to upstream water instance, but there is a slightly disturbance when low water in remote future year; ②Although upstream water instance is differ, the harassment of hydropower stations has consistency on runoff in the same scene year. Remote future year the affection is obvious most of all; ③Along with hydropower station building, harassment on runoff is more clearer within year. But annual gross runoff keep its balance; ④The model and analysis method can calculate the affection of hydropower stations harassing on runoff. It gives a way to evaluate affection of power station on hydro - environment.

**Key words:** Lancangjiang; leave country section; hydropower station building; analysis runoff