

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2012.01.003

三峡工程对鄱阳湖水资源生态效应的影响

董增川,梁忠民,李大勇,郭慧芳

(河海大学水文水资源学院,江苏 南京 210098)

摘要:在三峡工程现有调度规则的前提下,建立了反映水文情势变化的人工神经网络模型、鄱阳湖区间分布式水文模型、湖区二维水量水质模拟模型,并利用这些模型对三峡工程运行后对鄱阳湖防洪、水资源与水质生态等方面的效应进行了定量分析.分析结果表明:在防洪影响方面,三峡水库预泄期鄱阳湖水位抬升,低水增幅大于高水增幅,而三峡水库蓄水期鄱阳湖水位降低,低水降幅大于高水降幅,总体上对鄱阳湖防洪影响有限.在水质影响方面,鄱阳湖区水质浓度与五河来水的流量及其污染物浓度关系密切,受长江流量影响的关系并不大.在供水影响方面,三峡工程运行将对鄱阳湖枯水期供水形势产生较大影响.在生态影响方面,三峡工程运行后对鄱阳湖植被面积变化有一定的影响,影响大小与月份的不同有关,并将导致鄱阳湖不同区域湖滩草洲显露日期提前和显露时间有所增加,这将对鄱阳湖珍稀候鸟栖息地环境造成不利影响.

关键词:鄱阳湖;三峡工程;防洪;供水;水质;生态效应

中图分类号:TV61;X143;X171.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-1980(2012)01-0013-06

Influences of Three Gorges Project on water resources and ecological effects in Poyang Lake

DONG Zeng-chuan, LIANG Zhong-min, LI Da-yong, GUO Hui-fang

(College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: On the premise of the existing operating rules of the Three Gorges Project, quantitative analysis of the effects of the project on the flood control, water resources, water quality, and ecosystem in Poyang Lake was conducted by establishing a BP artificial neural network model that can reflect the changes of hydrological situations, a distributed hydrological model for Poyang Lake, and a two-dimensional water quality and water quantity simulation model for the lake. The results show the following: In terms of the effects on flood control, the water level in Poyang Lake increased in the pre-discharge period of the Three Gorges Project, and the increase rate of the low water level was higher than that of the high water level, while in the storage period of the project, the water level in Poyang Lake decreased, and the decrease rate of the low water level was higher than that of the high water level. The project had limited effects on flood control on the whole. In terms of the effects on water quality, the water quality in Poyang Lake was in close relation with the inflow and concentration of pollutants of the Wuhe River, and was not significantly affected by the discharge of the Yangtze River. In terms of the effects on the water supply, the operation of the Three Gorges Project will have great influence on the water supply in dry seasons in Poyang Lake. In terms of the effects on ecology, the project will have an effect on the changes in vegetation area in the lake, and the degree of effect will differ in different months. Besides, the lake beach and grass moor in different lake areas will appear in advance and for a longer duration, negatively affecting the environment of the habitat of rare migratory birds in the lake area.

Key words: Poyang Lake; Three Gorges Project; flood control; water supply; water quality; ecological effect

三峡工程运行后,由于长江来水来沙情势的变化,鄱阳湖湖口、湖区及五河尾间水文情势会相应发生变

收稿日期:2011-01-10

基金项目:水利部公益性行业科研专项(200701009)

作者简介:董增川(1964—),男,山西运城人,教授,博士生导师,主要从事水资源系统规划与管理研究.E-mail: dongzengchuan@163.com

化.这些变化将进一步引起鄱阳湖及五河尾间防洪形势、水资源利用形势和生态环境的变化,进而影响鄱阳湖周边区域的防洪安全、工农业生产和生活用水的取水口布置、生态湿地的健康及生物多样性的维护和区域社会经济的发展,影响长江中下游水资源可持续利用和生态环境保护.因此,三峡工程运行后,如何实现鄱阳湖水资源综合利用,如何保持鄱阳湖一湖清水下泄,不仅是事关江西省发展全局,而且事关长江中下游可持续发展大局.

三峡工程初期运行对鄱阳湖的影响已初步显现,因此,对其影响的研究自然成为许多学者研究的焦点.吴龙华^[1]从定性角度分析了三峡工程的调度运行方式对鄱阳湖防洪、冲淤、候鸟保护区、草洲、鱼类资源、水环境等方面可能造成的影响.刘影等^[2]的研究表明,三峡水库蓄水后,由于流量的减少造成鄱阳湖保护区内水位不同程度的降低,不同高程的洲滩提前和加快露出水面,连续显露的时间也相应增加,对候鸟的越冬产生了不利影响.姜加虎等^[3]建立了长江干流一维洪水演进模型,研究了三峡工程运行对鄱阳湖水位变化的影响,并指出三峡工程运行将对湖区防洪、泥沙冲淤、滩地显露、水生生物和鸟类活动的环境等产生不同程度的影响.施勇等^[4]建立了长江中下游水沙联合模拟模型,并利用该模型定量预测了三峡水库运行后30 a内长江干流河道冲淤变化,综合分析了不同江湖洪水组合和三峡水库不同蓄泄水时期对鄱阳湖湖口水位变化的影响.

从目前研究成果可知,三峡工程运行对鄱阳湖的影响研究大多集中在水位和防洪影响方面,定性上看法是一致的,但由于采用的分析手段、计算目标、计算条件和分析范围不同,定量上仍存在明显的差异.在生态环境影响方面,都以水位为变量从宏观角度进行论证分析,缺乏必要的定量分析或数据支撑.本文在三峡工程现有调度规则的前提下,通过笔者所建立的反映水文情势变化的人工神经网络模型、鄱阳湖区间分布式水文模型、湖区二维水量水质模拟模型,对三峡工程运行后对鄱阳湖防洪、水资源与水质生态等方面的效应进行了定量分析.

1 三峡工程运行方式分析^[5]

三峡水库的调度运行方式为5—6月初为腾空防洪库容,水库水位降至防洪限制水位145 m,与天然情况相比,下泄流量增加.汛期6—9月,低水位运行,水库下泄流量等于入库流量,当入库流量较大时,根据下游防洪需要,水库水位抬高,洪峰过后,库水位仍降至145 m.水库每年从10月开始蓄水,蓄至正常蓄水位175 m,下泄流量减少,少数年份,这一蓄水过程延续到11月.12月—次年4月,水库按电网要求放水,天然来水小于电站保证出力对流量的要求时,动用调节库容,出库流量大于入库流量,库水位逐渐降低,但在4月末以前不得低于155 m,以保证上游航道必要的水深.

根据三峡水库的调度方式,在预泄期,即6月初前后,水库水位要从155 m降到145 m,腾空56.5亿 m^3 的库容.不同年份由于受到实际条件的影响,相应的预泄周期也有所不同.如从6月1日加大放水至6月10日,则平均增泄流量为6600 m^3/s .在蓄水期,即10月前后,水库开始蓄水,水库水位从145 m蓄至175 m,与天然入流相比,减少下泄量.与预泄期一样,随着蓄水时段的不同,减少的下泄流量也有所变化.如果到10月31日蓄至正常蓄水位,则相应减少的下泄流量将达到8300 m^3/s .三峡水库对天然流量如此巨大的调节作用,必然会对鄱阳湖区防洪、生态、水环境以及沿湖地区的工农业用水、居民生活供水等产生不同程度的影响.

2 水文情势变化模拟模型

2.1 水位变化预测模型

三峡工程投入运行后,长江干流来水情势发生了较大变化.通过分析影响鄱阳湖湖口水位、湖区水位、五河尾间水位的相关因子,采用BP神经网络模型,建立了湖口水位、湖区水位及五河尾间水位3个层次的BP神经网络模型.通过有无三峡工程的对比模拟计算,定量分析三峡工程不同运行阶段对鄱阳湖的影响.

“三层次”指的是湖口水位计算、湖区水位计算及五河尾间水位计算3个层次.首先,由于湖口水位受长江干流宜昌站来水量、宜昌与湖口之间的区间来水量以及五河来水量的共同影响,据此建立湖口水位与长江来水和鄱阳湖来水的关系模型,在固化其他条件不变时,针对三峡工程运行与否,宜昌断面流量的变化情况,模拟湖口水位的变化过程,分析三峡工程对湖口水位变化的影响.其次,由于湖区内水位受湖口水位及五河来水量的影响,据此建立湖区特征站点的水位与湖口水位和鄱阳湖来水的关系模型,通过湖口水位的变化,

模拟湖区水位的变化,分析三峡工程对湖区水位变化的影响。再次,由于五河尾间水位受自身来水量以及湖口水位的影响,据此建立五河尾间特征站点的水位与湖口水位和五河各自来水的关系模型,通过湖口水位的变化,模拟五河尾间水位的变化过程,分析三峡工程对五河尾间水位变化的影响。率定与验证结果表明,所建模型能够较好地模拟水位变化过程。

2.2 鄱阳湖区间分布式水文模型

为了分析鄱阳湖区间入湖水系的径流特征以及为湖区水位变化影响提供计算边界,以 GIS 技术为支撑,通过数字高程模型进行流域信息提取,将提取的子流域作为最小的水文响应单元,考虑水流在每个单元体内的纵向运动和各个单元之间水量的横向交换,构建了结构具体且复杂的鄱阳湖区间分布式水文模型。实践证明,新安江模型理论在我国湿润地区的应用效果较好。由于鄱阳湖流域属于湿润地区,因此以新安江模型产汇流理论为基础进行单元产流计算。地面径流出流、壤中流出流与地下水出流量在子流域面上用滞后演算法进行计算。子流域出口到流域出口是河道汇流阶段,采用马斯京根法进行分段连续演算。

选取 1999 年和 2001—2005 年全年实测或推求资料(包括降水量、蒸散发量和流量)进行模型参数率定,时间步长为 1 d。选择 2006 年和 2007 年全年实测或推求资料(包括降水量、蒸散发量和流量)进行模型检验。结果表明,该模型对日径流的模拟精度较好,对日径流过程的模拟总体上是有效的。

2.3 鄱阳湖二维水量水质模拟模型

采用模型法评估三峡工程运行对鄱阳湖水环境的影响效应有 2 个关键之处:首先应建立反映鄱阳湖水环境特征的数值模型,所建鄱阳湖区水量水质耦合模型正确与否,关系到能否较为准确地描述鄱阳湖区水文特征,关系到水质模型计算结果的准确性,更会影响该模型评估的效果;其次是构建科学客观的评估参照系^[6]。

首先,以有限体积法 FDS 格式的二维水流、水质模型构建框架为基础,用自由水面高度 ξ 代替因变量 h 对原浅水流耦合方程组进行变形,对黎曼近似解 FDS 格式的求解公式重新进行推导,建立了基于 FDS 格式的改进模型。验证结果表明,模型能够较准确地刻画出鄱阳湖重要站点的水位变化过程,湖区水量平衡良好,基本能够捕捉到鄱阳湖流场、污染浓度场的分布,模型结构合理,参数可行,从而为分析三峡工程运行对鄱阳湖水质的影响提供了技术支撑^[7-9]。

其次,本次研究设计了 2 种情景计算方案:(a)原型方案。即模型边界条件由实测水位与流量资料确定,此方案为三峡工程调度方案的参照系。(b)调度方案。本方案以神经网络模拟调度后的水位过程作为控制边界,其他水量与水质边界条件的设定与原方案相同,以反映三峡工程运行后对鄱阳湖整体系统的影响。

3 三峡工程运用对鄱阳湖影响分析

3.1 三峡工程运行对鄱阳湖水位变化的影响

三峡工程初期运行对鄱阳湖尤其预泄期与蓄水期的水位变化产生了明显影响,对比 2004—2007 年湖口站实测水位与还原计算的水位,可以得到以下结论:三峡水库预泄期间对湖口站水位有抬升影响,2004—2007 年 5 月下旬到 6 月上旬最大水位影响值分别为 0.61 m,0.64 m,0.93 m,1.33 m,平均影响值为 0.19 m,0.19 m,0.21 m,0.31 m。三峡水库蓄水期间对湖口站水位有降低影响,各年对水位最大影响值分别为 0.15 m,0.49 m,2.45 m,0.60 m,平均影响值分别为 0.12 m,0.16 m,1.25 m,0.49 m。三峡水库初期运行对鄱阳湖区不同地点影响程度不同,湖口站、星子站离长江干流最近,影响程度也最大,李家渡、梅港、外洲位于五河上,影响程度最小,都昌站、康山站、棠荫站位于湖区,影响程度介于两者之间。

为分析不同来水情势的差异,以大通来水选择典型年进行影响分析,考虑了长江干流和鄱阳湖组合流量的影响,选取 1975 年($p = 25\%$)、1984 年($p = 50\%$)、1966 年($p = 75\%$)和 1978 年($p = 95\%$)4 个典型年的计算资料进行统计分析。计算结果表明,在三峡水库预泄期,对湖口水位升高最大影响为 0.41 ~ 0.80 m。在三峡水库蓄水期,对湖口水位下降最大影响为 1.53 ~ 2.31 m。各年来水量不同,三峡水库正常运行对鄱阳湖的影响不同,一般随来水量的增大而减小。

3.2 三峡工程运行对鄱阳湖防洪形势的影响

模拟计算结果表明,三峡水库初期运行条件下,水库 5 月和 6 月加大泄流对鄱阳湖水位提高有较大影响。以星子站为例,利用三峡初期运行阶段的出入库流量进行模拟计算,星子站水位最大增幅在 0.56 ~

1.22 m 之间,平均增幅在 0.18 ~ 0.31 m 之间.三峡水库正常运行条件下,据大通站丰、平、枯典型年模拟三峡水库 5 月和 6 月增大泄流对星子站水位的影响,最大增幅在 0.38 ~ 0.74 m 之间,平均增幅在 0.19 ~ 0.35 m 之间.三峡水库运行后,水库 5 月末、6 月初为了腾空防洪库容增加泄流,造成湖口水位一定程度的抬高,增大了江水对湖水出流的顶托,同时对湖区排涝带来一定影响.

综上所述,三峡水库预泄,鄱阳湖水位抬升,低水增幅大于高水增幅.鄱阳湖水位首次超过某一常遇水位的提前时间和持续时间较为明显.但水位的增加并未对圩堤的防洪标准产生影响,没有增加洪水漫顶的风险.某一较高水位浸泡时间增长,对堤防的渗漏、管涌等会带来一定风险.三峡水库蓄水,鄱阳湖水位降低,低水降幅大于高水降幅,首次低于 13 m 提前日期和持续时间都较明显.

三峡工程运行对鄱阳湖水位的整体影响表现为“预泄期高水增幅不高,蓄水期低水降幅更低”,所以对鄱阳湖防洪影响有限^[10].

3.3 三峡工程运行对鄱阳湖区域供水的影响

三峡水库初期运行条件下,水库 10 月份减少泄流对鄱阳湖湖水位降低有较大影响.以星子站为例,利用三峡初期运行阶段出入库流量进行的模拟计算结果表明,星子站水位最大降幅在 0.42 ~ 2.34 m 之间,平均降幅在 0.12 ~ 1.08 m 之间.三峡水库正常运行条件下,据大通站丰、平、枯典型年模拟三峡水库 10 月份减少泄流对星子站水位的影响,模拟结果表明,最大降幅在 1.41 ~ 2.12 m 之间,平均降幅在 0.67 ~ 1.12 m 之间.

三峡水库正常运行后,10 月份水库蓄水将使鄱阳湖水位降低 2 m 左右.这将引起全湖性水位急剧下降,使鄱阳湖面积、容积迅速减小,枯水期提前来临,并降低其枯水位,延长低水位的持续时间,对鄱阳湖的生态环境及湖区生产、生活用水产生较大的不利影响.水资源配置模型计算结果表明:三峡工程运行后鄱阳湖环湖区 2015 水平年 10 月份供水量约减少 1.96 亿 m^3 ,约占三峡工程运行前 10 月份总配置水量的 56.8%;11 月份供水量约减少 0.96 亿 m^3 ,约占三峡工程运行前 11 月份总配置水量的 65.0%.三峡工程运行后鄱阳湖环湖区 2030 水平年 10 月份供水量约减少 3.19 亿 m^3 ,约占三峡工程运行前 10 月份总配置水量的 61.8%;11 月份供水量约减少 2.36 亿 m^3 ,约占三峡工程运行前 11 月份总配置水量的 69.8%.

由此可见,三峡工程运行后对鄱阳湖枯水期供水形势产生了较大影响.

3.4 三峡工程运行对鄱阳湖水质的影响

从 1994 年、1996 年、1998 年和 2000 年三峡工程运行与非运行情景方案计算结果及其分析结果可以看出:典型年 5 月和 6 月,湖口站流量皆入长江,鄱阳湖区氨氮浓度的变化主要受降解作用的影响,而无长江水稀释作用,此时五河水量增大较快,受三峡预泄的顶托影响,湖口水位抬高,五河入流量加快了湖泊水体的流动速度,使得湖泊污染物降解速度加快,湖泊自净能力增大,污染物浓度下降.典型年 9—11 月,湖口站水流大部分时段流入长江,此时鄱阳湖区氨氮浓度的变化主要受降解作用的影响,而无长江水稀释作用,在 10 月初期,降水量逐渐减少,五河来水量呈下降趋势,湖口水位明显下降,湖泊水体容积变小,自净能力总体下降,污染物浓度上升;当部分时段湖口站水流倒灌鄱阳湖时,其倒灌水流最大影响到星子站附近,鄱阳湖入江狭长河道氨氮浓度同时受降解和稀释作用,此时入江狭长河道氨氮浓度在这种双重作用下会略有下降,但湖区氨氮浓度变化还是主要受降解作用的影响,污染物浓度总体呈略微上升趋势.

综上所述,鄱阳湖区水质浓度与五河来水的流量及其污染物浓度关系密切,受长江流量影响并不大.

3.5 三峡工程运行对鄱阳湖生态系统的影响

3.5.1 三峡工程运行对湿地植被面积的影响

鄱阳湖湿地植被面积与季节和水位有很大的关系.秋冬季虽然水位较低,洲滩出露面广,但各类植被均处于枯萎期或越冬期,湿地植被面积较小.而夏季,各类植被虽处于生长期,但湿地面积在汛期而有很大的差异,水位高时洲滩初露面小,湿地草洲面积也相应减小.采用 MODIS 数据提取、TM 影像数据修正的植被覆盖面积与季节、水位之间的关系^[11],以水位变化过程为依据,分析结果如下:

在三峡预泄期 5 月和 6 月,1994 年、1996 年、1998 年和 2000 年考虑三峡工程运行时星子站水位较不考虑三峡工程运行时水位要高,由此可推算 4 个典型年 5 月和 6 月三峡工程运行后湿地植被面积较不考虑三峡工程运行时要小.1994 年 5 月和 6 月最大水位差为 0.533 m,相应最大植被面积减少 13 ~ 15 km^2 ;1996 年 5 月和 6 月最大水位差为 0.33 m,相应最大植被面积减少 8 ~ 10 km^2 ;1998 年 5 月和 6 月最大水位差为 0.544 m,相应最大植被面积减少 14 ~ 16 km^2 ;2000 年 5 月和 6 月最大水位差为 0.455 m,相应最大植被面积减少 11 ~

13 km².
在三峡蓄水期 10 月和 11 月,1994 年、1996 年、1998 年和 2000 年考虑三峡工程运行时星子站水位较不考虑三峡工程运行时水位要低,由此可推算 4 个典型年 10 月和 11 月三峡工程运行后湿地植被面积较不考虑三峡工程运行时要大.1994 年 10 月和 11 月最大水位差为 1.794 m,相应最大植被面积增加 90 ~ 120 km²;1996 年 10 月和 11 月最大水位差为 1.881 m,相应最大植被面积增加 120 ~ 150 km²;1998 年 10 月和 11 月最大水位差为 1.842 m,相应最大植被面积增加 100 ~ 120 km²;2000 年 10 月和 11 月最大水位差为 1.339 m,相应最大植被面积增加 80 ~ 100 km².

3.5.2 三峡工程运行对湖滩草洲显露的影响

鄱阳湖湿地包括水域、洲滩、岛屿等,高程大多在海拔 12 ~ 18 m 之间.其中洲滩可分为沙滩、泥滩和草洲,14 m 以下多为泥滩,面积约 1 895 km²;高程 14 ~ 18 m 之间为草洲,面积约 1 235 km²;沙洲面积很小,约 3 130 m²,仅分布于主航道两侧.“高水是湖、低水似河”“洪水一片,枯水一线”是鄱阳湖的自然地理特征.随着湖水位的变化,洲滩呈季节性和地域性出露.

14 m 高程过早显露将加速水面以上滩地干枯,当候鸟迁来时,此高程范围内的植物大部分枯死,不适宜候鸟食用.而 13 m 高程滩地的提前显露,将影响水生植物的充分生长和地下块茎的产量,从而减少白鹤、天鹅、鸿雁等以植物为主要食源候鸟的越冬饵料.三峡水库蓄水期,正值长江水位下降,鄱阳湖开始退水.当长江流量减少时,会造成保护区内水位不同程度的降低,不同高程的洲滩提前和加快露出水面且连续露出水面的时间也相应增加,直接或间接影响鄱阳湖的植被、鱼类和鸟类等物种^[12].

苔草群落是鄱阳湖洲滩最重要的植被类型,又是候鸟主要食物来源,因此,可根据苔草群落分布特征分别对星子站、吴城站、都昌站的洲滩显露进行分析.枯水期来临时,洲滩显露,苔草群落开始生长,吸引候鸟前来觅食.当水位低于苔草群落分布高程的下限时,植被、候鸟觅食等都受到显著影响,故选择各站点水位低于苔草群落分布下限进行比较.

在三峡工程运行初期,减泄流量对星子站、都昌站等洲滩各有不同程度的影响,变化范围较大.以星子站为例,在 2006 年提前显露时间比较多,最大达 57 d,由此对不同高程的洲滩、沼泽、洼地水域产生不同的生态影响.对大通典型年分析结果表明,在三峡工程正常运行期,枯水年都昌站最大提前显露时间为 17 d.

4 结 语

本文以长系列历史观测资料为分析基础,以必要的实地调查为辅助,以数值模型为主要技术手段,通过水文学、水力学、生态学等多学科交叉融合,运用定量与定性分析相结合的方法,初步分析了三峡工程运行条件下鄱阳湖水文情势与生态环境等要素的变化,并得出以下结论:(a)在防洪影响方面,三峡水库预泄期鄱阳湖水位抬升,低水增幅大于高水增幅,而三峡水库蓄水期鄱阳湖水位降低,低水降幅大于高水降幅,总体上对鄱阳湖防洪影响有限;(b)在水质影响方面,鄱阳湖区水质与五河来水的流量及其污染物浓度关系密切,受长江水文变化影响的关系并不大;(c)在供水影响方面,三峡工程运行后对鄱阳湖的枯水期供水形势产生了较大影响;(d)在生态影响方面,三峡工程运行后对鄱阳湖植被面积变化有一定的影响,影响大小与月份的不同有关,并将导致鄱阳湖不同区域湖滩草洲显露日期提前和显露时间有所增加,这将对鄱阳湖珍稀候鸟栖息地环境造成不利影响.

三峡工程运行对鄱阳湖所造成的影响是一个长期的过程,生态系统对人类干扰和环境变化的反应效应也是一个长期的过程,只有通过长期的观测和研究,才能真正揭示这些变化的过程和趋势,了解这些变化所造成的后果,从而为解决这些变化引起的各种问题提供有效的解决途径.因此,迫切需要建立和完善鄱阳湖生态系统定位研究站,开展各种试验、观测和研究,深入而全面地阐明鄱阳湖生态系统的基本特征和环境条件以及与三峡工程运行干扰之间的相互关系.

参考文献:

[1] 吴龙华.长江三峡工程对鄱阳湖生态环境的影响研究[J].水利学报,2007(10):586-591.(WU Long-hua. The study on effects of Three Gorges Project to environment of Poyang Lake[J]. Journal of Hydraulic Engineering,2007(10):586-591.(in Chinese))
[2] 刘影,徐燕.三峡工程对鄱阳湖候鸟保护区的影响及对策探讨[J].江西师范大学学报:自然科学版,1994,18(4):375-380.

(LIU Ying,XU Yan. The study of influence and countermeasure of Sanxia Project to Poyang Lake 's migratory birds reserve[J]. Journal of Jiangxi Normal University,1994,18(4) 375-380. (in Chinese))

[3] 姜加虎,黄群. 三峡工程对鄱阳湖水位影响研究[J]. 自然资源学报,1997(3) 219-224. (JIANG Jia-hu,HUANG Qun. A study of the impact of the Three Gorges Project on the water level of Poyang Lake [J]. Journal of Natural Resources, 1997(3) 219-224. (in Chinese))

[4] 施勇,栾震宇. 三峡工程运行后对鄱阳湖及江西五河的影响研究 对鄱阳湖水位变化的影响[R]. 南京 南京水利科学研究所,2009.

[5] 长江水利委员会. 三峡工程综合利用调度研究[M]. 武汉 湖北科学技术出版社,1997.

[6] 董增川,李大勇. 三峡工程运行后对鄱阳湖及五河尾间的影响研究 对水质和生态变化影响分析[R]. 南京 河海大学,2009.

[7] 谭维炎. 计算浅水动力学 有限体积法的应用[M]. 北京 清华大学出版社,1998.

[8] 赵棣华,戚晨,庾维德. 平面二维水流-水质有限体积法及黎曼近似解模型[J]. 水科学进展,2000,11(4) 368-374. (ZHAO Di-hua,QI Chen,YU Wei-de. Finite volume method of Rieman solver for depth-averaged two-dimensional flow-pollutants coupled model[J]. Advances in Water Sciences, 2000,11(4) 368-374. (in Chinese))

[9] ROGERS B D, BORTHWICK A G L, TAYLOR P H. Mathematical balancing of flux gradient and source terms prior to using Roe 's approximate Riemann solver[J]. J Comp Phys,2003, 192 422-451.

[10] 董增川,梁忠民. 三峡工程运行后对鄱阳湖及五河尾间的影响研究 对防洪影响的分析[R]. 南京 河海大学,2009.

[11] 许新发,丁敏君. 遥感在鄱阳湖监测中的应用[R]. 南昌 江西省水利科学研究所,2009.

[12] 中国科学院三峡工程生态与环境科研项目领导小组. 长江三峡工程对生态与环境的影响及对策研究[M]. 北京 科学出版社,1988.

《水利经济》征订启事

中国科技核心期刊 RCCSE 中国核心学术期刊
全国水利系统优秀期刊 全国农业系统优秀期刊

(邮发代号 28-252,CN32-1165/F,双月刊)

《水利经济》是由河海大学与中国水利经济研究会共同主办的以技术性为主、兼顾学术性和管理性的科技期刊。《水利经济》1983 年创刊,是全国唯一的水利经济研究方面的专业性期刊。

主要刊登内容 水经济学理论 水权、水市场与水价研究 水利工程建设中的经济效益、社会效益和环境效益评价与分析,水利工程经济评价和财务评价,水利工程资本运作与费用分摊研究 水利工程管理研究,以及水利事业和水利建设的管理体制体制改革研究 水库移民经济研究 农业经济与管理研究 生态与环境经济研究,生态建设领域中的水资源可持续发展研究等。

主要读者对象 从事水经济、水利水电技术、经济管理、生态、环境、农业经济及管理工作的有关工程技术人员、科研人员、管理人员以及高等院校师生。

订阅办法 读者可通过邮局订阅,也可直接向编辑部订阅。2012 年每期定价 10 元,全年 6 期共计 60 元。

编辑部地址 南京市西康路 1 号 河海大学《水利经济》编辑部

邮政编码 210098 电话/传真 025-83786350 E-mail jj@hhu.edu.cn

网址 http://kkb.hhu.edu.cn/web/indexjj.asp?l_id=43