

# The Application of the Xin'an River Daily Rainfall-Runoff Model in the South of the Yangtze River Area along the Yangtze River, Anhui Province

Yuxiang Cheng<sup>1</sup>, Yi Wu<sup>1</sup>, Xiwang Guo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zhejiang Guangchuan Engineering Consulting Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang

<sup>2</sup>Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan Hubei

Email: [chengyux126@126.com](mailto:chengyux126@126.com)

Received: Feb. 3<sup>rd</sup>, 2015; accepted: Feb. 10<sup>th</sup>, 2015; published: Feb. 16<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

When the difference of catchment areas is large, the errors of calculation result may be comparatively large using the hydrologic analogy method to calculate design runoff. Using this method to calculate design runoff of a new reservoir may bring deviation of the reservoir's design water level. Through the establishment of the Xin'an River daily rainfall-runoff model of the Liang Changmen Reservoir in Guangde, Xuancheng, southeast of Anhui, runoff of the Liang Changmen Reservoir was calculated; the model was verified by applying it to the Pogang Lake Basin in Anqing, southwest of Anhui, and satisfactory results were got.

## Keywords

Xin'an River Daily Rainfall-Runoff Model, The South of the Yangtze River Area along the Yangtze River, Application

---

# 新安江日降雨径流模型在安徽省沿江江南地区应用

程玉祥<sup>1</sup>, 吴 益<sup>1</sup>, 郭熙望<sup>2</sup>

作者简介: 程玉祥(1966-), 男, 高级工程师, 浙江广川工程咨询有限公司, 主要从事水利水电工程规划设计工作。

<sup>1</sup>浙江广川工程咨询有限公司, 浙江 杭州

<sup>2</sup>长江水利委员会水文局, 湖北 武汉

Email: [chengyux126@126.com](mailto:chengyux126@126.com)

收稿日期: 2015年2月3日; 录用日期: 2015年2月10日; 发布日期: 2015年2月16日

## 摘 要

当集水面积相差较大时, 采用水文比拟法计算设计径流, 计算成果可能误差较大, 采用此法计算新建水库设计径流时, 可能会带来水库设计水位的偏差。通过建立皖东南宣城市广德县粮长门水库新安江日降雨径流模型, 计算粮长门水库设计径流, 并移用到皖西南安庆市破罡湖流域进行验证, 得到较为满意的效果。

## 关键词

新安江日降雨径流模型, 安徽省沿江江南地区, 应用

## 1. 引言

在以前进行水利工程设计径流计算时, 一般均采用工程区附近降雨成因相同、地形地貌条件相似的参证站设计径流, 按照集水面积和降雨量修正的水文比拟方法计算。当区域水文站不多, 设计站与参证站集水面积相差较大时, 水文比拟法的计算成果可能误差较大, 采用此法计算新建水库设计径流时, 可能会带来水库设计水位的偏差。

为克服由于集水面积相差较大、导致水文比拟法计算设计径流的缺陷, 建立某一区域新安江日降雨径流模型, 应是一种值得推荐的方法。通过建立皖东南宣城市广德县粮长门水库新安江日降雨径流模型, 计算粮长门水库设计径流, 并移用到皖西南安庆市破罡湖流域进行验证, 得到较为满意的效果。

## 2. 模型介绍

### 2.1. 模型性质

1973年, 河海大学(原华东水利学院)赵人俊教授在对新安江水库做入流流量预报时提出了新安江模型, 这个模型是我国第一个流域水文模型。新安江模型是一个完整的降雨径流模型, 其产流采用是蓄满产流模型, 可以用于湿润和半湿润地区。当流域面积较小时, 新安江模型采用集总模型, 面积较大时, 采用分单元模型。分单元模型把流域分为若干单元面积, 对每个单元面积, 利用马斯京根汇流模型计算到达流域出口断面的流量过程, 然后把每个单元的出流过程相加, 从而获得流域出口断面的总出流过程[1]。

### 2.2. 模型参数

新安江日降雨径流模型参数分为三类。第一类: 蒸散发计算, K, UM, LM, DM, C; 第二类: 产流量计算, WM, B; 第三类: 分水源计算, SM, EX, KG, KSS, KKG, KKSS。

**K:** 流域蒸散发能力折算系数, 此参数控制着总水量的平衡, 对水量计算很重要。**WM:** 流域平均蓄水量, 为三层: 上层(UM)、下层(LM)、深层(DM), 用于蒸散发计算。**C:** 深层蒸散发折算系数, 决定于深根植物占流域面积的比例。**B:** 蓄水容量抛物线指数, 反映流域上蓄水容量分布的不均匀性。**SM:**

表层土自由水容量。EX: 自由水蓄水容量抛物线指数。KG、KSS: 壤中流、地下径流的线性水库的出流系数。KKG、KKSS: 地下水、壤中流的线性水库的消退水系数[2] [3]。

### 3. 模型构建

#### 3.1. 构建缘由

粮长门水库位于安徽省东南宣城市广德县中南部的柏垫镇境内, 长江流域水阳江水系无量溪左岸支流粮长河上。粮长河流域总面积  $90.7 \text{ km}^2$ , 河道总长度  $32.8 \text{ km}$ , 水库集水面积  $30.5 \text{ km}^2$ , 占粮长河流域总面积的  $33.6\%$ , 坝址以上河道长度  $13.8 \text{ km}$ , 河道平均坡度  $12.65\%$ , 坝址处河底高程  $106 \text{ m}$ 。水库建设任务为城镇供水和防洪, 水库建成后, 与已建卢村水库(中型)共同为广德县城供水, 防洪保护水库下游戈村~粮长河口两岸的广德县城及周边部分区域。

粮长河无水文站。无量溪粮长河口下游曾于 1958 年设立广德水文站, 集水面积  $307 \text{ km}^2$ , 1967 年上迁至粮长河口上游, 由于测验断面两岸堤防防洪标准低, 一遇较大洪水, 堤防极易决口, 资料即失真, 致使该站早已撤销, 现存的资料系列短。无量溪卢村水库于 1983 年 1 月设立水文站, 集水面积  $139 \text{ km}^2$ , 该站没有逐日入库流量资料, 难以作为粮长门水库径流参证站, 可作为成果合理性分析站。桐汭河于 1971 年 12 月设立杨山岭水文站, 集水面积  $848 \text{ km}^2$ ; 1987 年 6 月上迁至誓节镇测流, 改名为誓节水文站, 集水面积  $678 \text{ km}^2$ , 两站集水面积与粮长门水库集水面积相差太大, 不宜作为径流参证站。邻近广德县的郎溪县白茅岭水文站(集水面积  $1059 \text{ km}^2$ )、宁国市沙埠水文站(集水面积  $890 \text{ km}^2$ ), 也由于集水面积太大, 均不宜作为径流参证站。因此, 广德县及其附近安徽省境内无合适径流参证站, 无法采用水文比拟法进行历年逐日径流计算。

粮长门水库属于南方湿润地区, 选用构建新安江日降雨径流模型计算径流。

#### 3.2. 参证测站概况

##### 3.2.1. 水文站概况

浙江省德清县境内有姜湾径流实验站, 该站距离粮长门水库直线距离约  $50 \text{ km}$ , 距离较近; 集水面积为  $20.9 \text{ km}^2$ , 与粮长门水库集水面积相差较小; 两地降水成因基本一致, 年降水量大小及年内分配、下垫面情况基本相同。因此, 选用姜湾径流实验站作为粮长门水库径流参证站, 该站位于太湖流域苕溪余英溪上, 设立于 1957 年, 1986 年拆销径流试验, 1993 年拆销雨量观测。

##### 3.2.2. 雨量站概况

粮长门水库流域内有牌坊雨量站, 实测系列长度为 1966~2000 年共 35 年。邻近的无量溪卢村水库上游的桃山雨量站, 与牌坊站一山之隔, 设立于 1976 年, 观测至今。德清县姜湾雨量站有 1957~1993 年实测降水量资料。

##### 3.2.3. 蒸发站概况

广德县境内没有蒸发站。无量溪下游县界处郎溪县境内有白茅岭蒸发站, 该站与粮长门水库直线距离约  $28 \text{ km}$ , 自 1979 年开始观测蒸发, 2010 年下迁至郎溪水文站。白茅岭蒸发站资料系列短, 选用浙江省富阳市的徐畈蒸发站作为参证站, 延长白茅岭蒸发站资料系列, 徐畈站与粮长门水库直线距离约  $80 \text{ km}$ , 自 1962 年开始观测蒸发。

#### 3.3. 模型构建

模型以姜湾径流实验站为径流计算参证站, 选择 1971~1980 年和 1981~1986 年分别作为径流计算的

率定年限和验证年限，蒸发资料采用徐畈站同期实测蒸发资料。姜湾站 1971~1980 年平均实测径流深为 823.3 mm，模型计算为 820.6 mm，验证年限 1981~1986 年平均实测径流深为 970.3 mm，计算为 952.8 mm，径流模拟计算结果比较好(图 1~图 4)。

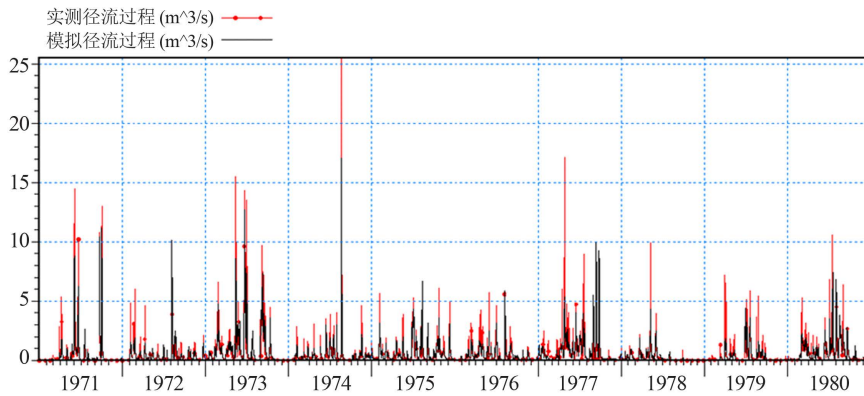


Figure 1. Measured and simulated runoff hydrograph in the calibrated period of years (1971-1980)

图 1. 率定年限(1971~1980 年)实测和模拟径流过程线

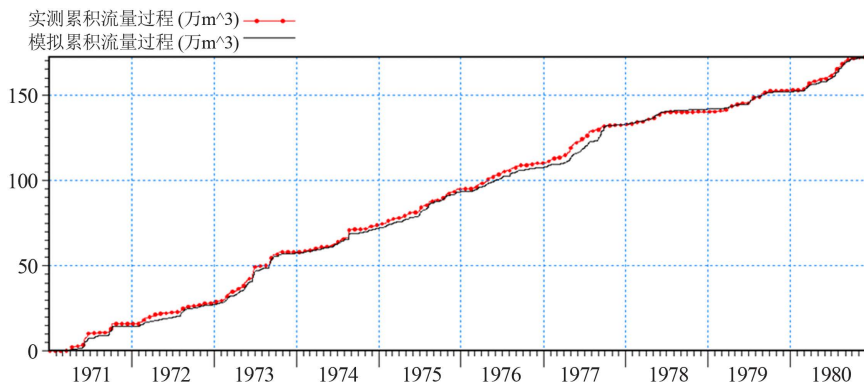


Figure 2. Measured and simulated runoff accumulative hydrograph in the calibrated period of years (1971-1980)

图 2. 率定年限(1971~1980 年)实测和模拟径流累积过程线

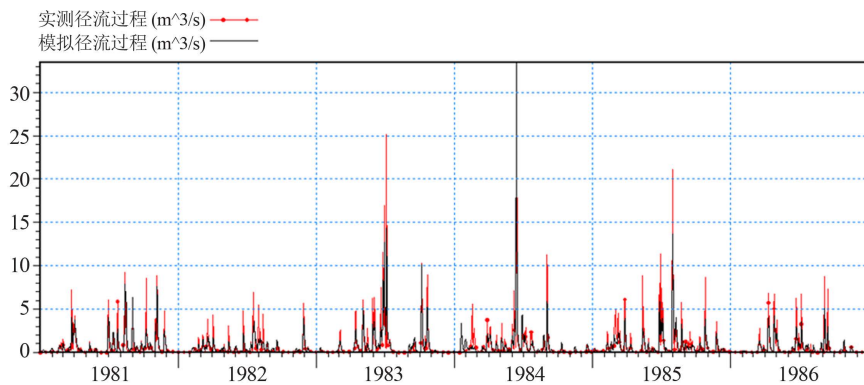


Figure 3. Measured and simulated runoff hydrograph in the verified period of years (1981-1986)

图 3. 验证年限(1981~1986 年)实测和模拟径流过程线

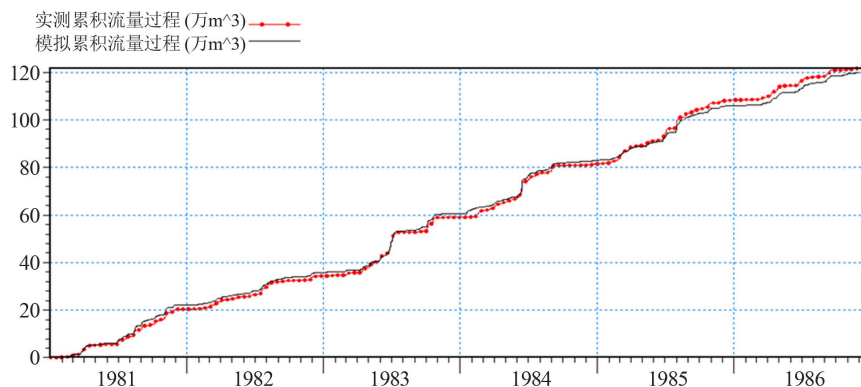


Figure 4. Measured and simulated runoff accumulative hydrograph in the verified period of years (1981-1986)

图 4. 验证年限(1981~1986 年)实测和模拟径流累积过程线

## 4. 粮长门水库设计径流计算

### 4.1. 水文资料相关延长

#### 4.1.1. 降水资料相关延长

水库雨量参证站采用流域内牌坊雨量站, 实测系列长度为 1966~2000 年共 35 年。牌坊雨量站与桃山雨量站实测年份平均降水量相近, 实测同期年雨量相关系数为 0.96, 相关关系好, 利用桃山站 2001~2011 年逐日降水量, 相关得出牌坊站 2001~2011 年逐日降水量。德清县姜湾雨量站与牌坊站同期年雨量相关系数为 0.8, 相关关系尚可, 同期月雨量相关系数为 0.89, 相关关系较好, 利用两站同期月雨量相关关系、姜湾站 1962~1965 年逐日降水量, 相关得出牌坊站 1962~1965 年逐日降水量。

相关延长后, 牌坊雨量站即具有 1962~2011 年共 50 年历年逐日降水量, 多年平均降水量为 1517.2 mm, 比实测系列减少 23.1 mm, 减少 1.5%, 这是由于 2001~2007 年为枯水年组、2011 年又较枯的缘故。

#### 4.1.2. 蒸发资料相关延长

水库蒸发参证站采用白茅岭蒸发站, 实测系列长度为 1979~2011 年共 33 年。白茅岭蒸发站与浙江省富阳市徐畈蒸发站实测同期月蒸发量相关系数为 0.92, 相关关系较好, 利用两站 1979~2007 年同期月蒸发量相关关系、徐畈站 1962~1978 年逐日蒸发量, 相关得出白茅岭站 1962~1978 年逐日蒸发量。

相关延长后, 白茅岭蒸发站即具有 1962~2011 年共 50 年历年逐日蒸发量, 多年平均蒸发量为 836.6 mm (E601 值), 比实测系列增加 4.3 mm, 增加 0.5%。

白茅岭蒸发站位于丘圩区, 蒸发皿高程为 18 m, 粮长门水库位于山区, 正常蓄水位、死水位分别为 133 m、115 m。根据蒸发量随地势升高而减小的规律, 粮长门水库蒸发量应小于白茅岭蒸发站值, 水库蒸发量取白茅岭站的 95%, 则水库多年平均蒸发量为 794.8 mm。

### 4.2. 粮长门水库设计径流计算

将模型率定所得的参数移用至粮长门水库流域, 利用牌坊雨量站和白茅岭蒸发站逐日资料, 计算粮长门水库逐日平均流量。计算结果为水库多年平均流量为 0.768 m<sup>3</sup>/s, 相应径流总量 2420 万 m<sup>3</sup>, 多年平均径流深 793 mm, 相应径流系数 0.523。

根据《安徽省天然径流深等值线图》(资料系列 1956~2000 年, 安徽省水文局), 水库流域多年平均径流深为 700~800 mm。根据《湖州市水资源综合规划》(湖州南太湖水利水电勘测设计院有限公司), 临近的浙江安吉县山区 1956~2000 年多年平均径流深为 850 mm, 比粮长门水库大, 这是由于安吉县山区多



年平均降水量要比粮长门水库大的缘故，从径流系数看，两地基本相同。

2011年，水利部长江水利委员会审核了项目建议书，2014年，安徽省发展与改革委员会批复了初步设计。

## 5. 破罡湖流域设计径流计算

### 5.1. 破罡湖流域概况

破罡湖流域位于安徽省西南安庆市境内，长江北岸，流域总面积 346 km<sup>2</sup>，流域具有山区、丘陵、圩区(含圩区内河道)、水面(湖泊与养殖水面)多种地形，面积分别占 11.9%、23.7%、45.2%、19.2%，主要湖泊有破罡湖、石塘湖、长枫港、老城区大湖等，根据实地测量，破罡湖纯湖面面积为 23.0 km<sup>2</sup>，石塘湖纯湖面面积为 14.47 km<sup>2</sup>，合计 37.47 km<sup>2</sup>，破罡湖四周较大的养殖水面面积合计 12.24 km<sup>2</sup>，石塘湖四周较大的养殖水面面积合计 7.47 km<sup>2</sup>，总计 19.71 km<sup>2</sup>。当长江水位较低时，流域雨水通过沿长江各水闸自排入长江，当长江水位较高不能自排时，流域雨水或蓄于湖内、或通过沿长江各排涝泵站抽排入长江。

### 5.2. 破罡湖流域设计径流计算

同样，破罡湖流域附近也没有合适的水文站作为径流参证站，采用水文比拟法进行逐日径流计算，以满足湖泊调蓄计算需要。流域也地处南方湿润地区，同样选用新安江日模型计算流域径流，陆域模型参数采用姜湾径流实验站模拟结果。

根据规划排水分区情况，将流域分成安庆市主城区和破罡湖石塘湖区两个部分，集水面积分别为 161.2 km<sup>2</sup> 和 179.4 km<sup>2</sup>，雨量代表站分别采用安庆雨量站和枞阳雨量站，蒸发代表站采用潜山蒸发站。

根据 1961~2011 年共 51 年资料计算，破罡湖流域多年平均降水量 1375 mm，多年平均径流量 2.27 亿 m<sup>3</sup>，多年平均径流深 667 mm，多年平均径流系数 0.49，主城区区块多年平均径流量 1.11 亿 m<sup>3</sup>(径流深 689 mm)，湖区区块多年平均径流量 1.16 亿 m<sup>3</sup>(径流深 648 mm)。

根据《菜子湖流域综合规划》(长江勘测规划设计研究院)，菜子湖流域总面积 3234 km<sup>2</sup>，1967~2002 年流域多年平均径流量总量为 21.68 亿 m<sup>3</sup>，多年平均径流深 670 mm，多年平均径流系数 0.48，与破罡湖流域基本相等。根据《皖河流域综合规划》(安徽省水利水电勘测设计院)，皖河流域总面积 6441 km<sup>2</sup>，1954~2004 年流域多年平均径流总量为 48.29 亿 m<sup>3</sup>，多年平均径流深 750 mm，多年平均径流系数 0.52，分析其原因是皖河流域平均降水量比破罡湖流域大，水面率比破罡湖流域小。根据《安徽省天然径流深等值线图(1956~2000 年同步系列)》，破罡湖流域多年平均径流深约 600 mm，该流域呈近似正方形，河流短，蓄水水库少，降雨产生的径流很快汇至破罡湖石塘湖，流域径流使用量也较少(流域用水主要取于长江)，其多年平均径流深应该大于 600 mm。综合分析认为计算的破罡湖流域多年平均径流深 667 mm 是合理的。

## 6. 结论建议

### 6.1. 结论

通过两个实例计算表明，利用与安徽省沿江江南地区临近的浙江省德清县境内姜湾径流实验站资料，模拟构建的新安江日降雨径流模型，可以用于安徽省沿江江南地区逐日径流计算。

### 6.2. 建议

建议安徽省水利厅设立新安江日降雨径流模型在安徽省沿江江南地区应用研究课题，进一步验证、

优化模型参数，评审通过后推广。

### 参考文献 (References)

- [1] 赵人俊. 流域水文模拟[M]. 北京: 水利电力出版社, 1984.  
ZHAO Renjun. Catchment hydrological modeling. Beijing: China Water Power Press, 1984. (in Chinese)
- [2] 王佩兰, 赵人俊. 新安江模型(三水源)参数的客观优选方法[J]. 河海大学学报, 1989, 17(4): 65-69.  
WANG Peilan, ZHAO Renjun. Optimization method of calibration of Xinanjiang Model (3 components). Journal of Hohai University, 1989, 17(4): 65-69. (in Chinese)
- [3] 李致家, 周轶, 哈布·哈其. 新安江模型参数全局优化研究[J]. 河海大学学报, 2004, 32(4): 376-379.  
LI Zhijia, ZHOU Yi and HAPUARACHCHI H. A. P. Application of global optimization to calibration of Xin'an Jiang Model. Journal of Hohai University, 2004, 32(4): 376-379. (in Chinese)