

Calculation of Water Quantity in the Poyang Lake Area Using Xin'anjiang Model

Sunyun Lv, Yingjun Ou, Yan Huang

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

Received: Sep. 1st, 2014; revised: Nov. 5th, 2014; accepted: Nov. 10th, 2014

Copyright © 2014 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

Poyang Lake area is flat and has interlaced river network, so the water quantity of intervening basin area can not be obtained by traditional hydrological observation methods and only through indirect method, such as water balance method. The Xin'anjiang model with three runoff components was used to discuss the rules of runoff generation and confluence in lake area. Taking the advantage of the Xin'anjiang model as a distributed model, the runoff yielding generation area was divided into many sections on the basis of land and lake surface; By carrying out the calculation of runoff generation and overland flow routing in and obtaining the outflow of each section, and then through the calculation of the river network routing, the flow process of the outlet section of the whole river basin was obtained by accumulation. The water quantity calculated by the Xin'anjiang model was analyzed and the results show that the overall outcome is reasonable.

Keywords

Xin'anjiang Model, Poyang Lake Area, River Network, Water Quantity

新安江模型在鄱阳湖区水量计算中的应用研究

吕孙云, 欧应钧, 黄 燕

长江水利委员会水文局, 武汉
Email: lvsy@cjh.com.cn

收稿日期: 2014年9月1日; 修回日期: 2014年11月5日; 录用日期: 2014年11月10日

作者简介: 吕孙云(1978-), 男, 高级工程师, 主要从事流域规划、工程水文分析计算工作。

摘要

鄱阳湖区地势平坦,河网交错,无法通过传统水文观测手段得到区间水量,只能采用水量平衡法等间接方法计算得出。本文采用新安江三水源模型,对湖区产汇流规律进行探讨,利用新安江模型作为一个分散性模型的优势,将产流区按陆面和湖面等分成多块,对每块单独进行产汇流计算,模拟每块的出流过程,然后经河网汇流演算,总和后求得整个流域出口断面的流量过程。对新安江模型计算水量的成果进行了分析,结果表明成果总体上是合理的。

关键词

新安江模型, 鄱阳湖区, 平原水网, 水量计算

1. 引言

鄱阳湖是我国最大的淡水湖泊,地处长江中下游南岸,江西省北部,纳江西省赣、抚、信、饶、修五河及博阳河、西河来水,经调蓄后至湖口汇入长江,全流域 162,225 km²,鄱阳湖区,是指鄱阳湖流域赣江、抚河、信江、饶河和修河等五河的七个出口控制站(分别为赣江外洲站、抚河李家渡站、信江梅港站、饶河虎山和渡峰坑站、修水虬津和万家埠站)以下至湖口之间的未控区间(包括湖泊水面和水文控制站至湖泊周边的陆面和水面),面积约 25,082 km²。

由于地处平原水网区,地势平坦,河网交错,无法通过传统的水文测验的方法获得湖区的水量,本文通过建立新安江三水源模型来计算鄱阳湖区的水量。

在平原水网区进行水量计算时,由于水网区水系复杂,水流紊乱,水文测验困难,导致水量无法通过传统的水文观测得到,只能通过一些诸如水量平衡方法的间接法计算得到。平原水网区水量的计算方法总体分为两类,一类是原因分析修正法,这主要针对有水文观测资料及其它资料的情况,通过定量分析是可以进行计算的;而实际上可供分析的资料远远达不到要求,则水量计算需通过第二类方法,即通过水文学的方法进行计算。在水文学方法中,以采用不受下垫面影响的降雨量,通过产汇流模型进行计算是一种方便实用且效果良好的方法[1]。

湖区区间地形一般较为复杂,湖汉、洲滩较多且分布较为分散,难以用一个集总型模型对其产汇流进行模拟。新安江模型是由原华东水利学院(现为河海大学)赵人俊教授等(赵人俊,1984)提出来的。从降雨径流经验相关图研究开始(华东水利学院水文系,1962),经历了 20 多年形成了蓄满产流概念、理论及其二水源新安江模型之后,于 1984 年提出了三水源新安江模型,并在水文模拟和洪水预报中大量应用,在湿润地区和半湿润半干旱地区都取得了良好的应用效果,被联合国教科文组织列为国际推广模型而广为国内外水文学家所了解和应用。针对湖区降雨分布、下垫面较为复杂及湖泊调蓄影响显著等特点,本文采用新安江三水源模型,对湖区产汇流规律进行探讨,并对湖区一些水量不平衡[2]年份的汛期区间水量进行了分析计算。

2. 新安江三水源模型

新安江模型是一个分散性模型,将产流区按陆面和湖面等分成多块,对每块单独进行产流和汇流计算,并模拟各块的出流过程,然后经河网汇流演算,总和后求得整个流域出口断面的流量过程。新安江模型较为符合鄱阳湖区气候和下垫面条件,可选择进行湖区水资源量的模拟计算。

新安江三水源模型主要由四部分组成,即蒸散发计算、蓄满产流计算、流域水源划分和汇流计算。

两水源是按 Horton 产流理论用稳定下渗率把总径流划分成超渗地面径流和地下径流，而三水源是采用自由水蓄水水库把径流划分成地面径流、壤中流和地下径流。地面径流汇流计算一般采用单位线法，壤中流和地下径流汇流计算采用线性水库法。新安江三水源模型的流程图如图 1 所示。

新安江模型的核心是两条曲线，一条是蓄水容量曲线，表示降雨分布均匀时的产流面积的变化情况；另一条曲线是自由水容量曲线，控制径流的组成和分布，进行水源划分。

3. 利用新安江模型计算湖区水量

根据湖区下垫面特点及降雨特性，将湖区全区间划分为陆面和湖区(以 22 m 高程为界)两大部分。其中以河流水系为单元将沿湖泊四周分布的陆面部分划分为 13 块，并计算出每块所占权重。同时，根据各单元至出湖点远近，分别确定各单元至湖口汇流河段数。湖区分布为湖泊区和变动回水区(包括民圩区)。本次考虑湖泊区受水位变化影响，依据其变化分变动水面和变动陆面计算。一般情况下，圩区按陆面计算，若大水期间有大圩溃决，则可据圩区水位面积曲线，与湖泊区一样划分为变动水面和陆面[3]。

3.1. 雨量站代表性分析

鄱阳湖区间面积较大，区间内雨量站较多，约有 50 个雨量站点。分析计算时仅选取了外洲、李家渡、梅港、虎山、渡峰坑、波阳、柘林、万家埠和都昌等 9 个雨量站作为整个湖区分析计算的的代表站，为分析这些雨量站的代表性，特选取 1955、1957、1987 等 13 个年份，分析多站及 9 站的平均年降雨量的差异，结果见表 1。表中成果显示，选取的 13 年资料中，年降雨量有大有小，多站平均与 9 代表站的均值之间相差较小，说明所采用的 9 个雨量站资料具有较好的代表性。

3.2. 模型参数的率定

新安江模型属于概念性模型，其参数都具有明确的物理意义。本次计算采用经验方法来估计模型各

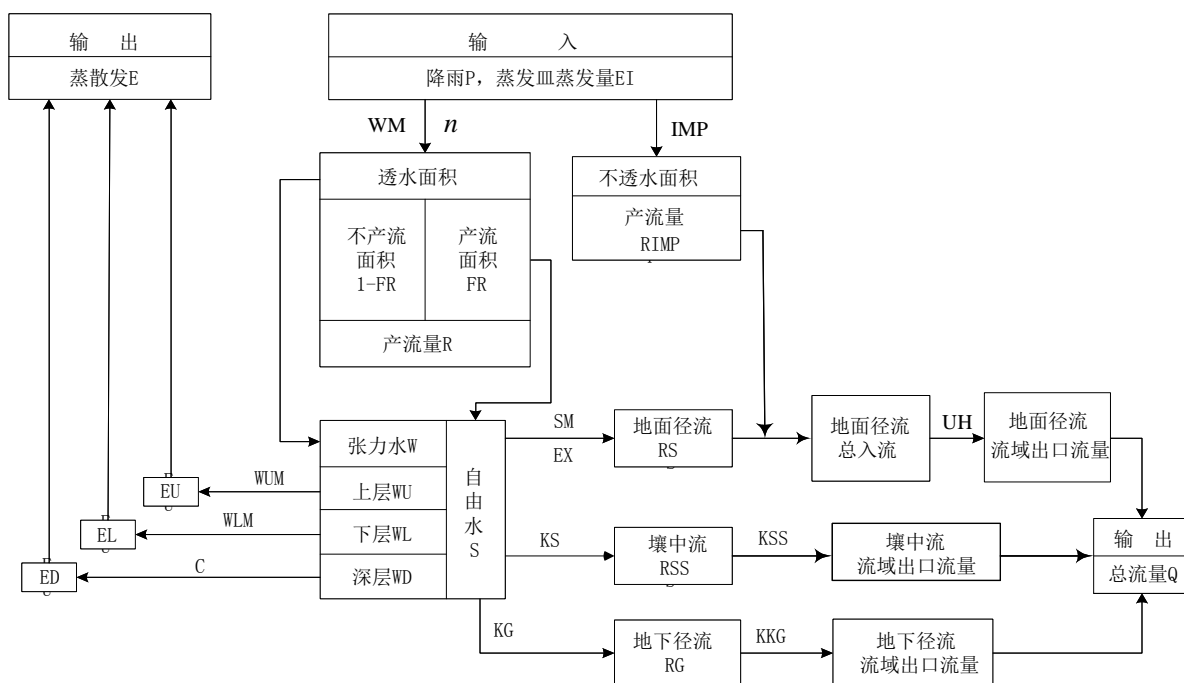


Figure 1. The structure map of Xin'anjiang model with three runoff components

图 1. 新安江三水源模型结构图

参数初始值, 优选参数时, 以径流量、洪峰流量及对应时间指标为目标, 初步优选出模型参数。

初拟模型参数后, 再选取整个湖泊区间水量相对平衡[2]的年份, 以降雨量、蒸发量作为输入, 用模型计算产汇流过程, 与实测过程进行比较, 以水量误差最小为原则, 确定模型参数最优值。

率定参数的年份选取 1959、1966、1970、1976 四个典型年, 计算时段取汛期 4~8 月。四个年份中汛期降雨量有大有小, 基本考虑了降雨量的不同量级情况。为检验所率定的参数, 又选取汛期降雨量一大一小的 1969、1972 两个典型年作为检验参数的年份。新安江三水源模型率定及检验的成果, 见表 2。

将实测的入湖七口控制站的径流量加上新安江模型计算的湖区径流量, 与湖口水文站的实测水量加上江湖槽蓄量的结果进行比较, 两者差值的百分比在-2.41%~1.68%之间, 且有正有负, 没有系统误差, 说明采用新安江模型计算的湖区水量拟合精度良好。同时, 根据实测资料分析, 这六个典型年中, 湖口及五河七口各水文站均无大的测验问题, 不存在破坏、跑水、漏水等严重影响水量观测精度的情况, 因此, 可以认为在这六个典型年内水量是平衡的, 根据这些年份的数据所率定并经过检验的参数是合理的。

Table 1. Representative analysis results of the Poyang Lake area precipitation stations
表 1. 鄱阳湖区间雨量站代表性分析成果表

序号	年份	多站平均(mm)	九站平均(mm)	误差(%)
1	1955	1797.5	1838.9	-2.31
2	1957	1648.7	1688.1	-2.39
3	1970	1970.6	1963.6	0.36
4	1971	1273.3	1299.7	-2.07
5	1973	2141.5	2130.5	0.51
6	1974	1575.6	1622.7	-2.99
7	1975	2134	2162.6	-1.34
8	1978	1060.6	1043.3	1.63
9	1979	1167.8	1188.1	-1.74
10	1984	1622.3	1584.1	2.35
11	1985	1405.3	1431.5	-1.87
12	1986	1287.2	1290.1	-0.23
13	1987	1513.3	1547	-2.23

Table 2. Calibration and verification results of the Xin'anjiang model
表 2. 新安江模型率定检验成果表

项目	年份	降雨量 (mm)	湖区水量(模型) (亿 m ³)	七口 + 模型计算的湖区水量 (亿 m ³)	湖口 + 槽蓄量 (亿 m ³)	误差 (%)
率定	1959	934.3	111.9	892.6	889	-0.39
	1966	863.3	115.7	932.4	948	1.68
	1970	1252.4	206.1	1398.1	1365	-2.41
	1976	934.3	131	1146.4	1148	0.12
检验	1969	1177.2	170.9	1083.8	1102	1.68
	1972	857.8	81.5	649.3	645	-0.66

3.3. 利用新安江模型计算鄱阳湖区间径流

率定出参数后, 就可根据实测降雨、蒸发资料, 针对不平衡年份计算出鄱阳湖区间产水量。新安江三水源模型针对不平衡年份区间水量计算结果详见表 3。

3.4. 合理性分析

图 2 是根据新安江三水源模型计算成果点绘而成。图中显示点据相对较为集中, 且稳定在趋势线左

Table 3. Annual water quantity calculated by Xin'anjiang model for the Poyang Lake interval basin

表 3. 新安江模型计算的鄱阳湖区年水量

年份	新安江模型(亿 m ³)	年份	新安江模型(亿 m ³)
1954	382.9	1982	59.8
1955	209.6	1983	229.1
1958	123.3	1984	122.2
1960	102.8	1985	49.8
1961	69.8	1987	116.8
1967	191.2	1989	114.2
1968	99.1	1993	196.6
1978	74.3	1995	191.2
1980	159.8	1996	85.5
1981	64.1	1998	269.3

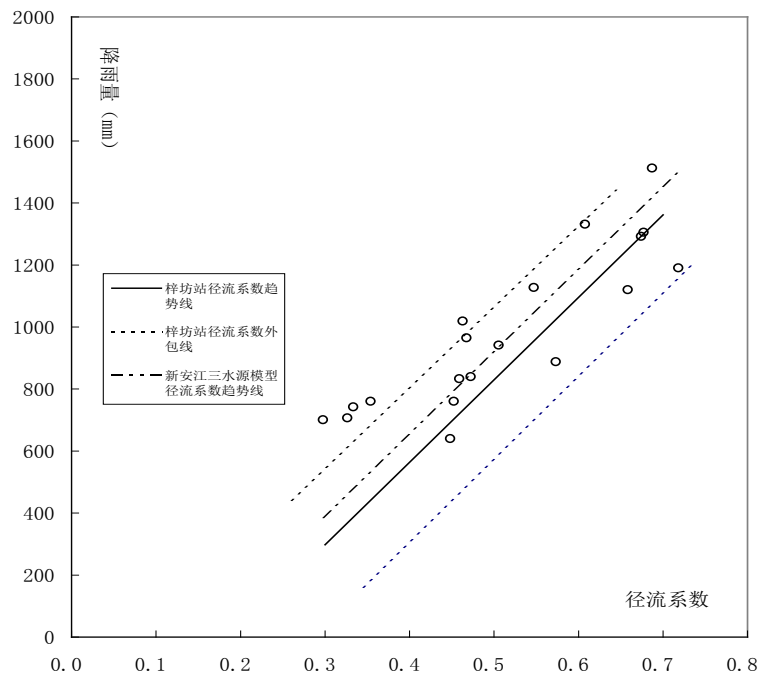


Figure 2. Corrected runoff coefficient distribution of the Poyang Lake area from April to August

图 2. 鄱阳湖区间 4~8 月修正后径流系数分布图

右,同时,计算成果的趋势线比梓坊站趋势线偏左,这是因为鄱阳湖区比梓坊水文站[1]多了一个面积较大的湖泊水面,所以,梓坊站的径流系数应该比湖区的径流系数略大,这说明本方法计算成果总体是合理可靠的。新安江三水源模型是一个分散性模型,针对湖区较为复杂的下垫面条件,它可对区间进行分块分单元计算,较为合理地由区间降雨模拟出区间逐日流量过程。同时,模型中考虑湖泊水位引起水、陆面比例变化对区间产水量的影响,也能满足突发事件情况下(如圩区汛期溃决时区间洪水逐日流量过程模拟要求),除计算略显复杂外,是一种良好的计算区间水量方法。

4. 小结

本文建立了鄱阳湖区三江源新安江模型,并通过该模型计算了鄱阳湖区水量。结果表明,该模型针对湖区复杂的下垫面条件,对区间分块分单元计算,能根据区间降雨较为合理地模拟出区间逐日流量过程,除计算略显复杂外,是一种良好的计算区间水量方法,可推广应用于平原水网区的水量计算。

基金项目

国家重点基础研究发展计划(973 计划):长江中游通江湖泊江湖关系演变过程与机制(2012CB417001)。

参考文献 (References)

- [1] 谭国良,郭生练,王俊,吕孙云. 鄱阳湖生态经济区水文水资源演变规律研究[M]. 北京:中国水利水电出版社,2013:60-81.
TAN Guoliang, GUO Shenglian, WANG Jun, LV Sunyun. Research on the evolution of hydrology and water resources ecological economic zone of Poyang Lake. Beijing: China Water Conservancy and Hydropower Press, 2013: 60-81. (in Chinese)
- [2] 黄燕,徐高洪,等. 平原水网区水资源量平衡分析方法研究[J]. 人民长江,2008,39(17):24-26.
HUANG Yan, XU Gaohong, et al. Research on analysis method of water resources quantity balance in plain river-net areas. Yangtze River, 2008, 39(17): 24-26.
- [3] 徐高洪,秦智伟. 鄱阳湖区间洪水计算方法[J]. 湖泊科学,1998,10(1):31-36.
XU Gaohong, QIN Zhiwei. Flood estimation methods for Poyang Lake area. Journal of Lake Sciences, 1998, 10(1): 31-36.