

Analysis of Water Balance in Poyang Lake Area

Yan Huang, Sunyun Lv, Haijin Guo, Gaohong Xu

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

Received: Sep. 10th, 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

This study took the current research status of water balance in the Poyang Lake area and previous research experiences as reference to explore the analysis method of universal significance on water balance, focused on the research of different standard problems on water balance, and found out the criterion and standard of hydrologic balance. The reasons and level of the influences on water balance were analyzed based on combining the terrain and lake water systems, and the flow characteristics and hydrological survey status. Finally, according to different affecting factors and types of data, reasonable water yield series were obtained through carrying out different methods to revise the imbalance problems. Boyang River basin of the Poyang Lake area was selected as typical basin to be analyzed in details, and considerable results were obtained.

Keywords

Poyang Lake, Water Balance, Plain Area, Water Network

鄱阳湖区水量平衡分析

黄 燕, 吕孙云, 郭海晋, 徐高洪

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

收稿日期: 2014年9月10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: 黄燕(1966-), 女, 教授级高级工程师, 主要从事流域规划、工程水文分析计算工作。

摘要

本文结合鄱阳湖区水量平衡研究现状,借鉴以往的研究经验,探讨具有普遍意义的水量平衡分析方法,重点研究了水量平衡差别标准问题,找出水量平衡的判别依据和标准;结合湖区的地形水系和水流特性、水文测验情况等,分析了影响水量平衡的原因及其影响程度;最后针对不同影响因素及其资料情况,采取不同方法对不平衡现象进行修正,从而得到较为合理的湖区水量系列。选取鄱阳湖区的博阳河流域作为典型流域进行详细的分析,取得了较好的结果。

关键词

鄱阳湖, 水量平衡, 平原, 水网区

1. 引言

平原水网区地势平坦,河湖串联,水网交错。由于水势复杂,导致平原水网区的水量无法通过传统的水文观测得到,只能通过间接计算获得,一般采用水量平衡方法,即利用平原水网区入口和出口控制水文站水量之差以及平原水网区蓄变量的变化来计算湖区的水量[1]。

在采用水量平衡方法计算水量的过程中,如何正确地计算平原水网区的水量以及判别计算的平原水网区水量的合理性,一直是水文计算的薄弱环节,以往的研究不够系统,不具有普遍意义,具体体现在以下三个方面:

1) 平原水网区水量计算结果的合理性分析,即对于判断水量平衡与否标准的研究不够。当计算水量为负值或大于面平均降雨量时,可以很明确地判断其不合理;而当计算的水量大于零且小于面平均降雨量时,此时没有具体的标准来判断其合理性,往往简单地凭经验估计。

2) 以往的研究针对不同的目的和不同的用途,只局限于典型年份,没有对长系列的资料进行系统的分析,不能提供合理的平原水网区水量的长系列资料,因此无法对平原水网区的水量作出全面的评价。

3) 以往的研究局限于某一个具体平原水网区,没有总结出普遍适用的平原水网区水量平衡分析与计算的研究方法与思路,所研究的成果达不到推广应用的目的。

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),属于平原水网区,面积约 25,082 km²。鄱阳湖流域及其未控区间地理位置见图 1。

针对平原水网区计算水量存在的问题,本文结合鄱阳湖区水量平衡研究现状,借鉴以往的研究经验,在水量平衡分析计算研究中,重点研究了水量平衡差别标准的问题,分析了影响水量平衡的原因及其影响因素,最后针对影响原因采取不同方法对不平衡现象进行修正,从而得到较为合理的水量系列。

2. 湖区水量平衡分析方法

本文结合平原水网区水量平衡研究的现状,借鉴以往积累经验,总结出适用于鄱阳湖区的水量平衡分析方法为[2][3]:

1) 研究湖区水量平衡的标准

平原水网区计算水量的合理性一般可通过径流系数的大小来判别。经分析,利用气候和下垫面条件

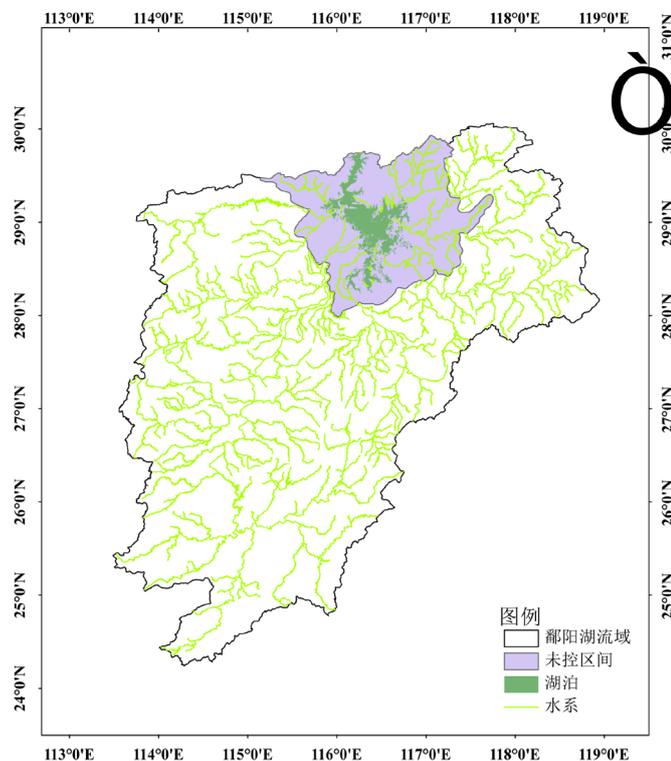


Figure 1. Geographic location map of the Poyang Lake basin and its uncontrolled zone

图 1. 鄱阳湖流域及其未控区间地理位置图

相似流域的径流系数作为参证标准，具体为在本平原水网区内选择一个流量和降雨量资料可靠的参证水文站，分析其较长系列的水文资料，寻找其径流与气候因子(如降雨量)之间的关系，以此作为判断平原水网区计算水量平衡与否的参证标准。在比较时，要注意两者下垫面条件差异对径流系数的影响。

2) 根据水量平衡方程计算湖区水量系列，并采用参证的判断标准，判断计算的湖区水量是否平衡，从而初选出不平衡的年份

根据水量平衡公式，利用湖区出、入口控制站的水文资料，以及湖区的水位变化和蒸发量等资料，可以计算出平原水网区的水量，然后计算径流系数。将计算的平原水网区的水量的径流系数与参证站的径流系数进行比较，若同样的降雨量径流系数的变化超过一定的范围(如超过径流系数外包线的 5%)，则可认为计算的水网区水量不平衡，反之则可认为计算的水量是合理的。

3) 分析湖区水量不平衡的原因及其影响因素

结合湖区的地形地貌、河湖和江湖关系、湖流特性等，分析流域圩垸汛期溃决、汛期水文站测流断面控制情况、水文站测验与整编情况，分析其对水文站径流资料的影响，并进而判断其对湖区水量的影响。

根据平原水网区的特点和水文观测的现状，水量不平衡的原因从三个方面分析：①从平原水网区特有的地形地貌及水流特点分析对水量的影响；②从出湖和入湖水文站的水文观测和整编情况找出导致水量不平衡的原因；③人类活动的影响。在分析中，要根据平原水网区的具体情况进行针对性的分析，对影响水量的因素一一进行分析。

4) 采取不同的计算方法对不平衡现象进行修正

主要采取两类不同的计算方法，一类是原因分析修正法，查明原因，对于可以定量的影响因素进行

分析计算,进而修正湖区水量,另外一类是采用水文学的方法,主要是针对影响因素太过复杂不能定量的年份通过采用水文模型进行修正。在选用水文模型时,应充分考虑当地气候和下垫面情况选择合适的、成熟的模型。

通过以上的分析研究,一般即可得到较为准确的长系列湖区水量资料,据此可对湖区的水量进行恰当的评价,为湖区水资源保护和经济活动的规划提供技术支撑。

3. 典型实例分析

根据气候、下垫面条件相似的原则,在分析了鄱阳湖区的气候、地理条件、水文站点布设后,选择博阳河作为研究水量平衡标准的参证流域。

博阳河流域位于鄱阳湖区西北部,直接汇入鄱阳湖,流域面积 1354 km²,控制站梓坊水文站为国家基本水文站,集水面积 626 m²。博阳河梓坊水文站以上流域及邻近流域分布见图 2。

3.1. 水量平衡标准的研究

通过计算,得出梓坊水文站各年 4~8 月径流系数,梓坊站 4~8 月降雨量与径流系数相关关系见图 3。

从图中可以看出,梓坊站 4~8 月的径流系数与降雨量有较好的相关性,总的趋势是降雨量大则径流系数大,降雨量小则径流系数小。同时可以看到,降雨量与径流系数并不是单一关系,每一级降雨量对应的径流系数有一个变化幅度。说明同一量级的时段降雨,其时程分配不同,气温不同,土壤含水量不同,则产流的效应亦不同。

梓坊站位于鄱阳湖区,气候、下垫面条件与整个湖区相近,故其径流系数可作为判断整个湖区水量是否平衡的依据,但在应用过程中,要注意湖区与梓坊站下垫面不同引起两者径流系数的差异问题。由于梓坊站以上是一个完整的流域,植被较好,但土层相对较薄,其河道比降相对较大,汇流速度较快,地面径流容易形成。而湖盆四周,由于土层较厚,进入土壤中的水分较多而被蒸发。所以就径流系数而言,相同降雨条件下,梓坊站应该比湖区陆面的径流系数略大。

3.2. 水量平衡判别

鄱阳湖区间出湖控制站为湖口水文站,主要入湖控制站有 7 个,为修水虬津和万家埠、赣江外洲、抚河李家渡、信江梅港、饶河虎山和渡峰坑(简称“五河七口”)等,鄱阳湖区水量计算公式为:

$$R_{\text{鄱阳湖区}} = R_{\text{湖口}} - R_{\text{五河七口}} \pm \Delta V - E + P \quad (1)$$



Figure 2. Drainage and sites distribution map in the Boyang River basin

图 2. 博阳河流域水系及站点分布

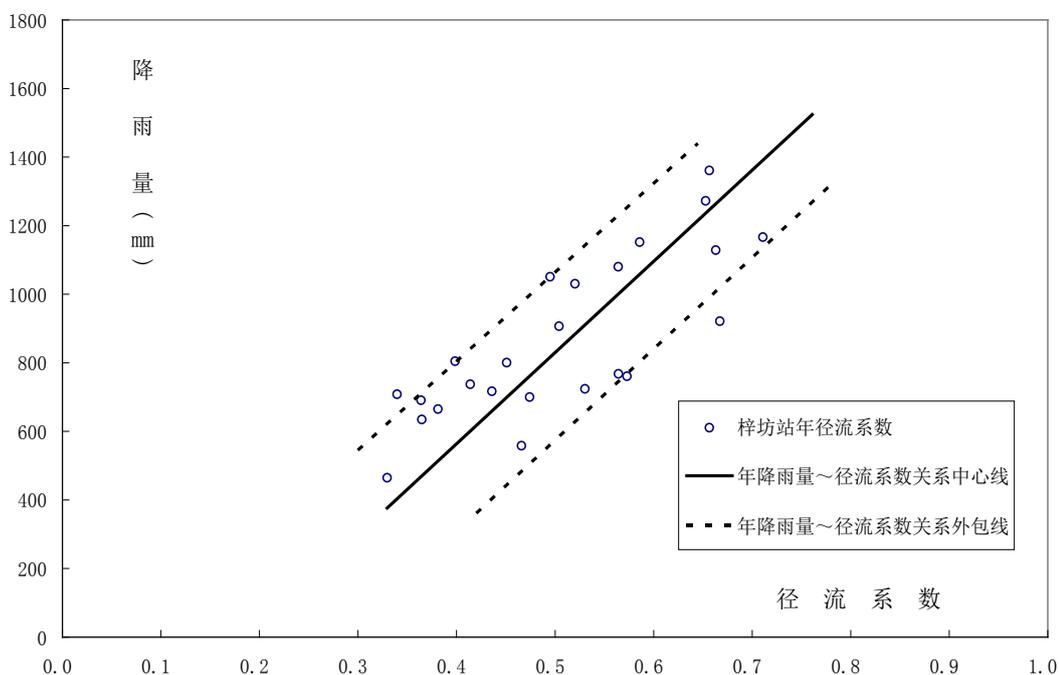


Figure 3. The coefficient relationship between observed precipitation and runoff from April to August in Zifang station of Poyang Lake area

图 3. 鄱阳湖区梓坊站 4~8 月降雨量 - 径流系数关系

鄱阳湖区径流系数计算公式为：

$$\alpha = \frac{R_{\text{鄱阳湖区}}}{P_{\text{面}}} \quad (2)$$

式中： $R_{\text{鄱阳湖区}}$ 为时段内鄱阳湖区间径流量； $R_{\text{湖口}}$ 为时段内湖口出湖的径流量； $R_{\text{五河七口}}$ 为时段内五河七口入湖径流量； ΔV 为时段内湖泊蓄水变量； E 为时段内湖区间面蒸发量； P 为时段内面降雨量； $P_{\text{面}}$ 为时段内鄱阳湖区面平均雨量。

利用 1954~1998 年湖口站和五河七口控制站的实测资料计算了鄱阳湖区年径流量，计算的年径流系数变幅很大，最小 0.34，最大 1.17。1954 年径流系数为 1.17，即计算的湖区年径流量大于年降雨量，显然违反了自然规律。另外，1998 年年径流系数高达 0.93，1963 年年径流系数只有 0.34，也是不合理的。

考虑到鄱阳湖水面积较大，为了消除其与梓坊站在下垫面方面的差异，与梓坊站进行比较前，把每年湖面的产流量剔除，计算出湖区陆面 4~8 月的径流系数，然后与梓坊站的径流系数进行对比，可选出径流系数不合理的年份，据以初选出径流系数不合理的年份大致有：1954、1955、1958、1960、1961、1962、1967、1968、1978、1980、1981、1982、1983、1984、1985、1987、1989、1993、1995、1996、1998 等年。

3.3. 水量不平衡原因分析

根据鄱阳湖区的具体情况，水量不平衡的原因主要从溃圩、水文控制站测验与整编方面存在的问题以及人类活动造成的影响等方面进行分析。

1) 破圩的影响

鄱阳湖中下游地势低平，主要靠圩堤保护，但圩堤较为低矮单薄，“大水大溃，小水小溃”，破圩

的现象非常频繁。由于入湖河流众多，加大了溃圩的机会，加剧了对水量的影响。如 1954 年鄱阳湖区分洪量达 80 亿 m^3 ，未通过水文控制断面的水量难于估算；1998 年湖区有超过 200 个千亩以上的圩垸溃决，分蓄水量达到 80 亿 m^3 ，未通过水文控制断面的水量同样难于估算。由于湖区圩垸太多，破圩频繁，跑水现象经常发生，许多年份的漏失水量无法准确计算，这是湖区水量计算出现偏差的一个重要原因。

2) 水位观测的影响

从湖口和五河七口等八个水文站水位观测的情况看，基本上是符合水文观测规范要求的。但也存在人为和仪器原因造成的水位资料观测不准的现象。如 1986 年虬津站基本水尺设在左岸，在水位较低时为死水区，上下不流通。1 月、8 月份水位资料中，凡水位低于 17.55 米时，水位资料是采用后来在主流中测流时观测的水位与死水区中的水位建立相关关系进行改正。由于相关点据规律性差，用其推算的水位有误差，对低水流量资料精度有一定影响。

3) 水文控制断面漫滩影响

汛期，若水位猛涨，洪水就可能漫出河槽泛滥两岸。1954~1998 年湖口水文站和“五河七口”控制站测流河段都不同程度地存在着这种现象。由于两岸滩地一般有农作物、水草或芦苇生长，为测流增加了困难。测流断面滩地上植被的繁茂程度会影响过水面积和糙率，并进而影响水位流量关系。从整编的情况看，实测的年份不多，多是估算。这种现象在浮梁、渡峰坑、虎山、梅港等站的表现最为突出。

4) 流量精简测验的影响

简测法即每根垂线只施测一个测点流速，用这个测点的流速代表整根垂线的平均流速。从湖区测流的情况看，五河七口控制站不同程度地采用了简测法。在测站受到鄱阳湖顶托时，垂线流速分布比较复杂，简测法的精度不高。如赣江外洲站 1966 年以后多采用简测法，有时全年采用简测法，如 1974~1976 年。由于外洲站受河段冲淤、湖水顶托和水工建筑物干扰等诸多因素的影响，水流方向极其紊乱，一个测点代表一根垂线的简单处理方法，在复杂水情下代表性不高。从水文年鉴介绍的情况看，各站对简测法的流速改正系数分析不够，分析流速系数的方法不是常规的方法。

5) 断面变化的影响

若断面变化频繁，冲淤幅度较大，在流量测验时借用水深，会直接影响推算的流量的精度。从测验情况看，1954、1955 年八个站大多数测点借用断面，3~7 月借用得最为频繁，其结果是对外洲这种冲淤变化比较大的测站，或者湖口这种断面比较宽的测站，其流量推算的精度没有保障。

6) 流量整编的影响

从 1954~1998 年流量整编情况看，各个测站采用不同的整编方法。对于受多种因素影响的测站，在流量整编时一般均采取了多种方法进行。但由于影响因素复杂且相互影响，推流的结果仍不尽如人意。

如外洲站受到河道不稳定、鄱阳湖顶托和水工建筑物的影响，高水采用绳套曲线法，低水采用临时曲线法，回水期采用正常落差法和连时序法等。但由于流向改正困难，流量成果精度不高。

7) 受人类活动的影响

鄱阳湖是江西省的粮棉生产基地，人口稠密，提水引水工程众多，这也是水文站不能控制上游来水的重要原因之一。如 1978 年 7 月以后干旱严重，各入湖河流中下游沿岸大量增加提引水设备，提引水量很大，因此，赣江、抚河、信江中下游 7 月以后都有下游站月平均流量小于上游站月平均流量的情况。

另外设在水库下游的水文测站，受到水库调节的影响，测流精度也会降低。修水干流控制站柘林水文站自 1970 年柘林水库施工，就受到挖沙的影响，水库蓄水后又受到水库调蓄的影响，水流混乱，测验困难。柘林站搬迁到虬津后，虽距水库大坝约 20 km，但仍受上游柘林水库调节的影响，再加上下游潦河或鄱阳湖区变动回水和测验河段断面变化较大的影响，水位 - 流量关系很差，流量整编成果精度有限。

3.4. 水量修正计算

通过对水量不平衡的原因进行分析,有些年份的不平衡现象可采用原因分析修正法进行修正。如1962年,采用水文站实测资料计算的湖区陆面产流系数为0.98,分析发现该年6月赣江下游发生大洪水时丁家渡水文站以上多处圩堤决口,由于决堤影响未通过丁家渡测流断面而直接进入湖区的水量约为89.2亿 m^3 ,据此将1962年湖区陆面径流系数修正为0.64,已经在合理的范围内了。

对于无法通过原因修正法改正的年份,采用水文学的方法进行计算,针对湖区的气候特点,选用新安江三水源模型、径流系数法比拟、面积比拟等方法进行了计算,计算结果表明,新安江三水源模型、径流系数模拟法计算结果较为接近,且在允许的变化范围内,面积比拟法精度较差。通过上述的分析计算,即可得到较为合理的鄱阳湖区水量系列。

4. 小结

通过对鄱阳湖区水量平衡分析的研究,得到了满足要求的长系列湖区水量系列,该方法可以推广到其它平原水网区应用。

1) 针对以往对湖区计算水量合理性分析存在的技术问题,利用湖区水文站的实测水文资料分析出了符合湖区气候与下垫面条件的水量平衡判别标准,并利用研究出的水量平衡标准对鄱阳湖区水量计算系列进行了平衡与否的判断,使得湖区计算水量的合理性分析有了具体的判断依据。

2) 提出解决湖区水量平衡分析的方法,得到了满足精度要求的长系列水量成果。方法的基本思路是:首先研究出水量平衡判断标准,再判断计算水量是否平衡,然后根据湖区地形特点、水文测验等影响水量的因素分析导致不平衡的原因,最后根据湖区的资料情况、气候与下垫面条件选择适当的方法进行水量的修正。该方法可推广至其它平原水网区应用。

湖区由于水量比较丰富,一般是当地农业生产比较发达、经济生活比较繁荣的地区,鄱阳湖区更是著名的鱼米之乡。正确评价湖泊区间水量,对于合理利用湖区水资源,合理规划湖区的经济和社会活动,在保护中发展,在发展中保护,在利用大自然给人类宝贵财富的同时保持湖泊区生态系统的良性循环,实现水资源可持续利用等方面具有重要的意义。

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,王骏,吕孙云,编著.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 and LV Sunyun, Eds. 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. (in Chinese)
- [3] 郭家力,郭生练,等.鄱阳湖未控区间流域水量平衡分析及校验[J].水电能源科学,2012,30(9):30-32.
GUO Jiali, GUO Shenglian, et al. Water balance analysis and verification of Poyanghu Lake intervening basin. Water Resources and Power, 2012, 30(9): 30-32. (in Chinese)