

# 近年来太湖流域水量平衡分析

甘月云<sup>1</sup>, 王凯燕<sup>2</sup>, 甘升伟<sup>3</sup>

(1.太湖流域管理局水文局(信息中心),上海 200434; 2.上海蓝泰信息咨询有限公司,上海 200434;  
3.太湖流域水文水资源监测中心,江苏 无锡 214024)

**摘要:**收集了2010~2015年太湖流域水量平衡计算中各个要素,分析计算了太湖流域水量平衡的绝对误差和相对误差,认为误差产生的原因主要是口门进出水量、蓄变量和耗水量等数据的计算精度。根据对平衡要素分析,有针对性地提出了误差控制措施,建议重点加强监控能力建设、完善用水消耗量估算方法,以减小水量平衡误差,从而为太湖流域水量分配方案提供更加精准的数据基础。

**关键词:**太湖流域;水量平衡;误差分析

中图分类号:P333.1

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2019)01-0089-04

## 1 流域概况

太湖流域位于长江三角洲的南翼,三面临江滨海,一面环山,北抵长江,东临东海,南滨钱塘江,西以天目山、茅山等山区为界。流域面积约36 895 km<sup>2</sup>,行政区划分属江苏、浙江、上海、安徽三省一市。其中,江苏省19 399 km<sup>2</sup>,占52.6%;浙江省12 095 km<sup>2</sup>,占32.8%;上海市5 176 km<sup>2</sup>,占14.0%;安徽省225 km<sup>2</sup>,占0.6%。

太湖流域河流纵横交错,水网如织,湖泊星罗棋布,是典型的平原水网地区。流域水面面积达5 551 km<sup>2</sup>,水面率为15%;流域湖泊面积3 159 km<sup>2</sup>,其中太湖水面面积2 338 km<sup>2</sup>;河道总长约12×10<sup>4</sup> km,河道密度达3.3 km/km<sup>2</sup>。太湖流域地形呈周边高、中间低的碟状地形,地势平坦,河道比降小,水流流速缓慢。流域水系以太湖为中心,分上游水系和下游水系。上游水系主要为西部丘陵区独立水系,包括苕溪水系、南河水系及洮漏水系;下游主要为平原河网水系,包括东部黄浦江水系、北部沿长江水系和东南部沿长江口、杭州湾水系。京杭运河贯穿流域腹地及下游诸水系,起着水量调节和承转作用。

## 2 研究意义

太湖流域平原河网地区水文情势复杂,水资源开发利用程度高,本地水资源承载能力不足,需从长江、

钱塘江引取水予以弥补。近年来,流域经济社会快速发展对水资源的需求不断增加,流域现状引江能力不足,水生态环境问题严重,用水矛盾突出。为维系生态环境的良性循环,实施用水总量控制,需要通过开展水量分配,规范用水秩序,管控水资源开发行为,强化用水需求管理,促进水资源合理开发和高效利用,以实现水资源可持续利用。而此项工作要以太湖流域进出水量为依据,因此分析研究近年来太湖流域水量平衡对制定水量分配方案具有重要的意义。

## 3 太湖流域水量平衡计算

### 3.1 平衡方程

太湖流域水量平衡即计算流域径流量与流域调蓄利用增量和流域外排水量之间的平衡关系。本文以太湖流域作为一个封闭系统<sup>[1]</sup>,研究太湖流域发生水量交换的水文要素,进行2010~2015年太湖流域的水量平衡计算,并分析流域不平衡量的误差来源。水量数据均来源于2010~2015年《太湖流域及东南诸河水资源公报》,太湖流域水量平衡要素示意图如图1。根据水量平衡原理,太湖流域水量平衡计算公式如下<sup>[2-3]</sup>:

$$W_{\lambda} - W_{\text{出}} \pm \Delta E = W_{\text{误差}}$$

式中: $W_{\lambda}$ 为径流量+沿江口门引水量; $W_{\text{出}}$ 为黄浦江净泄量+沿江口门排水量; $\Delta E$ 为蓄变量+水资源开发利用量; $W_{\text{误差}}$ 为水量平衡绝对误差。

## 3.2 计算要素

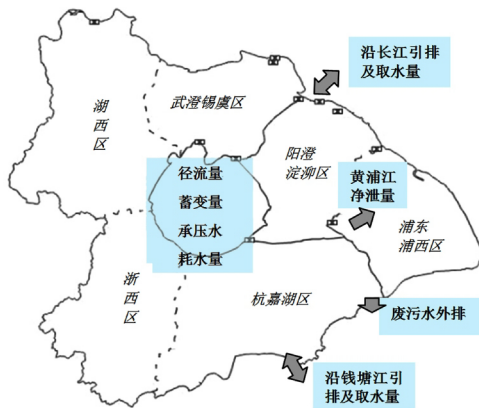


图1 太湖流域水量平衡要素示意图

Fig.1 The elements of water balance in the Taihu basin

太湖流域水量平衡分析的计算要素主要有以下几个方面:

(1)径流量。主要是太湖流域内各省市的径流量,包括地表径流量和地下径流量。

(2)外边界引水量。主要为沿长江和钱塘江口门引水量。

2010~2015年流域径流量在 $160.5\sim 342.4\times 10^8\text{m}^3$ ,引长江水量在 $60.0\sim 98.1\times 10^8\text{m}^3$ ,引钱塘江水量在 $7.6\sim 11.2\times 10^8\text{m}^3$ 。

(3)黄浦江净泄量。黄浦江净泄量由上海市提供松浦大桥断面净泄量代替。

(4)外边界排水量。主要为沿长江和钱塘江口门排水量。

2010~2015年黄浦江净泄量在 $136.6\sim 182.3\times 10^8\text{m}^3$ ,排长江水量在 $29.9\sim 57.6\times 10^8\text{m}^3$ ,排钱塘江水量在 $22.4\sim 37.7\times 10^8\text{m}^3$ 。

太湖流域水量平衡计算时入出项的统计结果见表1。

(5)水体蓄变量。太湖流域蓄水包括太湖、圩外河网、水库蓄水以及因浅层地下水水位变化而导致的蓄量变化等,山丘区和圩内河道不参加调蓄。河网湖泊蓄变量是通过各分区时段始末水位变化乘以该分区圩外水面积求得<sup>[4]</sup>,水库蓄变量由始末蓄水量之差求得。2010~2015年流域分项蓄量变化情况详见表2。

(6)流域外取水。以长江和钱塘江为水源的自来水厂和自备水源,其取水方式均为取自流域外、排入流域内,因此对于流域来讲,该部分水量性质同流域口门引水量。2010~2015年流域长江水源供水在 $28.6\sim 52.5\times 10^8\text{m}^3$ ,钱塘江水源供水在 $4.0\sim 5.1\times 10^8\text{m}^3$ 。

(7)耗水量。用水消耗量(以下简称“耗水量”),指在输水、用水过程中,通过蒸腾蒸发、土壤吸收、产品带走、居民和牲畜饮用等各种形式消耗掉,而不能回归到地表水体或地下含水层的水量。灌溉耗水量为毛用水量与地表地下回归水量之差,工业和生活耗水量为取水量与排放量之差。2010~2015年太湖流域总耗水量在 $94.0\sim 109.4\times 10^8\text{m}^3$ ,其中直接取水于长江、排水于长江的火核电企业耗水量平均为 $4.8\sim 5.7\times 10^8\text{m}^3$ ,此部分水量不参与流域水量平衡计算;流域内耗水量在 $88.1\sim 104.6\times 10^8\text{m}^3$ 。

(8)深层承压水开采量。埋藏相对较深、与当地浅层地下水没有直接水力联系的地下水,称为深层承压水。由于深层承压水不参与流域水体水量交换,因此该部分水量作为流域水量平衡中的入项。2010~2014年太湖流域深层承压水开采量在 $0.03\sim 0.40\times 10^8\text{m}^3$ ,2015年承压水开采量为0。

(9)废污水外排量。太湖流域有废污水直接排海的地市主要为上海市和嘉兴市。该部分水量作为流域水量平衡中的出项。2010~2015年废污水外排量在 $15.2\sim 26.9\times 10^8\text{m}^3$ 。

表1 太湖流域水量平衡中水量入项和出项统计 单位: $10^8\text{m}^3$ Table1 The inflow and outflow statistics of water balance in the Taihu basin ( $10^8\text{m}^3$ )

年份	入项				出项			
	径流量	长江引水量	钱塘江引水量	合计	黄浦江净泄量	长江排水量	钱塘江排水量	合计
2010	209.8	98.1	7.6	315.5	136.6	47.9	32.5	217.0
2011	195.0	87.9	11.0	293.9	139.8	57.6	26.1	223.5
2012	233.3	88.8	10.7	332.8	164.4	51.1	34.5	250.0
2013	160.5	92.2	11.2	263.9	162.4	29.9	22.4	214.7
2014	228.9	76.5	10.2	315.5	182.3	52.0	37.7	272.0
2015	342.4	60.0	10.4	412.8	190.0	89.0	38.9	317.9

表2 太湖流域主要水体蓄变量统计 单位:10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>Table2 The statistics of the main water storage variable in the Taihu basin(10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>)

年份	太湖蓄变量	水库蓄变量	平原河网蓄变量	浅层地下水蓄变量	合计
2010	-4.01	-1.00	-1.93	-0.04	-6.98
2011	0.93	0.60	0.61	0.60	2.74
2012	7.59	3.50	6.00	0.10	17.19
2013	-7.82	-3.90	-6.05	-0.20	-17.97
2014	0.96	1.90	1.58	0.50	4.94
2015	7.32	1.22	5.37	0.46	14.37

### 3.3 水量平衡分析

根据以上统计计算,对太湖流域进行水量平衡分析(见表3)。2010~2015年太湖流域总入项水量在320.6~469.9×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,总出项水量在313.6~445.9×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,水量平衡绝对误差在-15.4~24.0×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>。其中,2010年、2014年和2015年的不平衡量相对误差略大,在±5%左右;2011~2013年不平衡量相对误差较小,维持在2%左右。综上所述,2010~2015年的平衡结果比较好,相对误差均在5%以内,说明这6年太湖流域各地进行的水文测验和调查估算的资料均达到一定精度,采用的计算方法以及计算时使用的参数是合理的<sup>[5]</sup>。

表3 太湖流域水量平衡分析统计 单位:10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>Table3 The statistics of water balance analysis in the Taihu basin(10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>)

年份	水量总入项	水量总出项	水量平衡绝对误差	水量平衡相对误差
2010	348.8	334.5	14.3	4.1%
2011	341.7	335.1	6.7	1.9%
2012	388.0	380.9	7.1	1.8%
2013	320.6	313.6	7.0	2.2%
2014	371.3	386.8	-15.4	-4.2%
2015	469.9	446.4	23.6	5.0%

## 4 误差分析

根据水量平衡原理分析计算太湖流域水量平衡是检验收集资料的准确性的一种手段,各平衡要素的估算方法和取值决定平衡结果误差的大小。造成流域水量不平衡的原因主要有以下几点:

(1)口门流量监测。沿长江江苏段主要口门,采用

“一潮推流法”建立引排水推流公式,不同地市采用的是不同年份的测次进行综合定线,加上估算方法本身的误差,可能会造成引排水量统计的误差,建议尽量根据近期资料进行重新率定,以提高水量数据的准确性。另外,上海沿江沿海口门采用设计流量计算排水量,并未设有专门水文站,计算排水量同实际河道过水能力不匹配等,均会给水量平衡计算带来误差。

(2)蓄变量。计算河网蓄变量中不同分区选择的水位站,其代表性对水量平衡计算有一定的误差影响。本次主要统计了大中型水库的蓄变量,并未统计流域各地市的小型水库。

(3)黄浦江入江水量。由于黄浦江吴淞口未建水文站,本次黄浦江入江水量以松浦大桥断面净泄量代替,未考虑黄浦江松浦大桥以下两岸的汇流,存在一定误差。

## 5 结语

太湖流域水量平衡计算在流域片水资源公报编制中占有重要地位,是流域水量分配及水资源配置的关键。2010~2015年的水量平衡相对误差均在5%以内,太湖流域各地进行的水文测验和调查估算的资料均达到一定精度,采用的计算方法以及计算时使用的参数是合理的。

本文建议今后应加强监控能力建设,通过加强在线或动态监测,提高水资源供用中耗排水量的掌握,提高水量监测的时效性和准确性,建立准确完善的水量基础数据体系,对水资源开发利用情况进行有效跟踪和及时评价。完善耗水量估算方法,目前水资源公报中耗水量估算方法较为粗放,应采用更为准确的方法估算耗水量;对于用耗水率推算耗水量的,应做典型试验和水平衡分析,开展太湖流域行业耗水率具有针对性的测算工作,为估算耗水量提供技术依据<sup>[7]</sup>。因此,做好水量平衡计算对流域用水总量控制、落实最严格水资源管理制度的实施具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 申金玉,石亚东,高怡,等.太湖水量平衡影响因素分析及误差控制措施研究[J].水文,2011,03:60-63. (SHEN Jinyu, SHI Yadong, GAO Yi, et al. Taihu Lake water balance factors and error control measures [J]. Journal of China Hydrology, 2011, 03: 60-63. (in Chinese))
- [2] 余晓珍.太湖流域产流计算初步研究[J].河海大学学报,1990,06:41-47. (YU Xiaozhen. Investigation of runoff-yield calculation of Taihu Lake catchment [J]. Journal of Hohai University, 1990, 06: 41-47. (in Chinese))

- [3] 戈礼宾,张泉荣,黄利亚. 太湖进出水量变化及水量平衡初步分析[J]. 江苏水利,2007,11:33-34.(GE Libing, ZHANG Quanrong, HUANG Liya. Analysis of inflow and outflow change and water balance in Taihu Lake [J]. Jiangsu Water Resources, 2007, 11:33-34. (in Chinese))
- [4] 刘文龙,寿祥,张文龙. 太湖进出水量平衡计算与分析[J]. 中国西部科技,2010,14:34-35. (LIU Wenlong, SHOU Xiang, ZHANG Wenlong. The calculation and analysis of inflow and outflow balance in Taihu Lake [J]. Science and Technology of West China,2010,14:34-35. (in Chinese))
- [5] 毛新伟,高怡,徐卫东. 水文巡测方法对太湖水量平衡计算的影响分析[J]. 水文, 2006, 05:58-60. (MAO Xinwei, GAO Yi, XU Weidong. Analysis of tour hydrometric gauging method on water balance calculation for Taihu Lake [J]. Journal of China Hydrology, 2006, 05:58-60. (in Chinese))
- [6] 欧炎伦, 吴浩云. 1999年太湖流域洪水 [M]. 中国水利水电出版社, 2001. (OU Yanlun, WU Haoyun.1999 Flood of Taihu Lake Basin [M].China Water Power Press, 2001. (in Chinese))
- [7] 吴畏,张寒. 开展水量平衡分析 提高水资源公报编制精度[J]. 治淮, 2014,12:27-28.(WU Wei, ZHANG Han. Analysis of water balance to improve precision in the official reports on water resources [J]. Harnessing the Huaihe River , 2014, 12:27-28. (in Chinese))

### Analysis of the Water Balance in the Taihu Basin in Recent Years

GAN Yueyun<sup>1</sup>, WANG Kaiyan<sup>2</sup>, GAN Shengwei<sup>3</sup>

(1. Bureau of Hydrology (Information Center) of Taihu Basin Authority, Shanghai 200434, China;

2. Shanghai Lantai Information Consulting Co.Ltd., Shanghai 200434, China;

3. Taihu Basin Hydrology & Water Resources Monitoring Center, Wuxi 214024, China)

**Abstract:** By collecting the elements of the water balance in the Taihu basin during 2010-2015, this paper calculated and analyzed the absolute errors and relative errors of the water balance. The main reasons of the errors were mainly the calculation accuracy of the data that the variation on the water exchange, storage and consumption. Based on analysis of the factors in water balance, many measures were put forward to control errors, for instance, the construction of the monitoring abilities was strengthened and the estimation method of the water consumption was improved. These measures could reduce the errors of the water balance and provide more accurate data foundation for the water allocation plan in the Taihu basin.

**Key words:** Taihu basin; the water balance; the errors analysis

(上接第 88 页)

### Study on Hydrologic Revision of Haihe Basin under the Background of Great Influence of Human Activities

CHEN Taiwen<sup>1</sup>, TIAN Shuie<sup>2</sup>, LIU Wei<sup>3</sup>

(1. Haihe Water Conservancy Commission, Tianjin 300170, China;

2. China Water Resources Beifang Investigation, Design and Research Co., Ltd., Tianjin 300222, China;

3. Water Resources and Hydropower Planning and Design Institute, Ministry of Water Resources, Beijing 100120, China)

**Abstract:** The utilization rate of water resources in the Haihe basin is high, and there are no large floods over last few decades. A few of human activities such as water resources exploitation, water and soil conservation, urbanization, have significant impacts on the hydrological characteristics in the Haihe basin, which is one of the most influential basins in the seven major basins. This paper analyzed the changing trend of the underlying surface in the Haihe basin and its influence on the production flow and confluence flow. In addition, the paper studied the revision method of hydrology results, and achieved the results of hydrology revision. On this basis, the paper summarized the existing problems on the hydrological revision results in the Haihe basin and provided the suggestions for the future work.

**Key words:** underlying surface changes; hydrological achievements revision methods; revision results; human activities impacts; hydrological revision results