

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2011.06.012

环太湖出入湖水量影响因素分析及对策措施研究

申金玉^{1,2},甘升伟¹,陈 润^{1,2},高 怡¹,钱 磊^{1,2}

(1.太湖流域管理局水文水资源监测局,江苏 无锡 214024;2.河海大学水文水资源学院,江苏 南京 210098)

摘要 在收集整理 1986—2007 年环太湖河道出入湖水量实测资料的基础上,利用面积包围法及相关法,以太湖流域水资源四级分区为统计单元对环太湖出入湖水量进行计算分析。结果表明 降雨、水资源调度及太湖直接取水户取水量变化为影响出入湖水量变化的主要因素。建议水行政相关部门建立健全水资源监控系统,并加快制定和实施太湖水量分配方案,加强取水许可监督工作。

关键词 太湖 水资源分区 降雨 出入湖水量 水资源调度

中图分类号 TV213.4 **文献标识码** A **文章编号** 1004-6933(2011)06-0048-05

Analysis of influencing factors of inflow and outflow around Taihu Lake and countermeasures

SHEN Jin-yu^{1,2}, GAN Sheng-wei¹, CHEN Run^{1,2}, GAO Yi¹, QIAN Lei^{1,2}

(1. Monitoring Bureau of Hydrology and Water Resources, Taihu Basin Authority, Wuxi 214024, China ;2. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract :Based on inflow and outflow data measured around Taihu Lake from 1986 to 2007, the inflow and outflow around the lake was calculated and analyzed using the area surrounding method and the correlation method, considering the quaternary division of water resources to be the statistical unit. The results show that rainfall, water resources regulation, and the change of the volume of water that users take directly from Taihu Lake are the main factors influencing the inflow and outflow around Taihu Lake. It is suggested that the water administration departments should establish and improve the water resources monitoring system, develop and implement a water allocation program for Taihu Lake, and strengthen the supervision of water use permission.

Key words :Taihu Lake ; water resources division ; rainfall ; inflow and outflow of lake ; water resources regulation

1 概 述

太湖是我国第 3 大淡水湖,位于典型的南方平原河网地区,现有水面面积 2 338.1 km²[1]。环太湖原有进出水河道 315 个,后因淤塞和人工改造,目前仅存 219 个[2]。太湖上游多为山丘河流,河短流急,以入湖为主 而中下游为平原河流,比降小,流速慢,中游受引江水量影响显著,而下游一般以出湖为主,易受感潮等因素影响,流向复杂,呈现往复流。

根据流域水系特点及行政分区,将太湖流域分为 8 个四级水资源区,具体格局见图 1。笔者研究与环太湖出入湖水量最为密切的 5 个区 其中太湖以西为太湖来水的上游区,以山岭为界,分为湖西区

和浙西区 太湖以东的平原为下游区,以大江大河为界分为阳澄淀泖区、武澄锡虞区和杭嘉湖区。

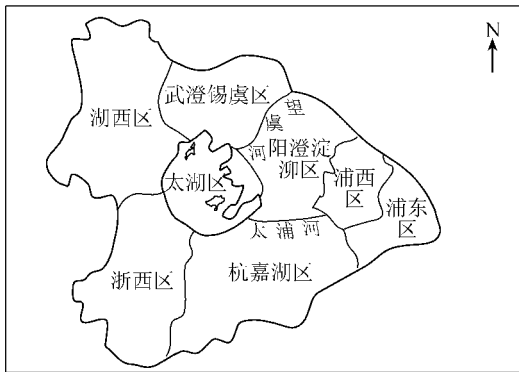


图 1 太湖流域水资源分区

2 资料与方法

环太湖河网众多,无法逐一布设驻测水文站点控制出入湖水量^[3],因而目前主要采用由基点站和巡测断面所组成的水文驻测与巡测相结合的方法,该方法较为实用、科学,符合平原河网地区水文测验工作的实际情况。水文驻测是指在河流或流域内固定点上对水文要素进行的观测;巡测是指观测人员以巡回流动的方式定期或不定期地对一地区或流域内各观测点进行流量等水文要素的观测^[4]。其中基点站流量采用面积包围法计算,巡测断面流量采用相关法推算。

a. 面积包围法。每日定时实测流量,直线插补“0”(或24)时流量,然后根据时间所占权重计算日平均流量。计算公式如下:

$$\bar{Q} = 1/48 [Q_0 \Delta t_1 + Q_1 (\Delta t_1 + \Delta t_2) + \dots + Q_{i-1} (\Delta t_{i-1} + \Delta t_i) + Q_i (\Delta t_i)] \quad (1)$$

式中: $\bar{Q}$ 为平均流量; Q_0 为初始流量; Q_i 为*i*时刻实测流量,*i*=1,2,⋯,*n*; Δt_i 为第*i*时段,*i*=1,2,⋯,*n*。

b. 相关法。巡测段流量采用基点站与周围巡测断面建立流量相关关系进行推流。

近几年,随着环湖河道工情的不断变化,特别是环湖水利工程建设,新增或减少出入湖河道断面时有发生,巡测线及部分站点的位置和组成也在不断发生变化。经过多年的调整、补充和完善,目前环太湖分为11段10站126个出入湖口门。按行政区域分:无锡为3段6站41个出入湖口门;苏州为5段2站49个出入湖口门;湖州为3段2站36个出入湖口门。环太湖各行政分区出入湖口门具体情况见表1。

表1 环太湖行政分区单站及巡测断面情况

行政分区	单站	巡测断面
无锡	湖山闸站、龚巷桥站、 雅浦桥站五里湖闸、 梅梁湖泵站、犊山闸站	陈东港桥段、沿湖小闸段 漕桥+黄埭桥段
苏州	望亭(立交)站、太浦闸站	团结桥段、联湖桥段、 瓜泾口段、五福桥段、 新通安桥段
湖州	杨家埠站、杭长桥站	长兴(二)段、三里桥段、 浙苏交界段

3 环太湖出入湖水量分析

通过分析计算环太湖各单站及巡测断面出入湖水量,整理得到环太湖历史出入湖水量,再以水资源四级分区为统计单元计算各分区出入湖水量,并进一步分析其变化趋势。

3.1 历史环太湖出入湖水量

根据1986—2007年的环太湖水文巡测资料分析计算,太湖多年平均入湖水量为81.3亿m³;多年平均出湖水量为88.8亿m³。其中1999年太湖流域因遭遇特大洪水,其入、出湖水量也达到历史最大值,分别为108.2亿m³和148.1亿m³。1986—2007年环太湖出入湖水量见图2。

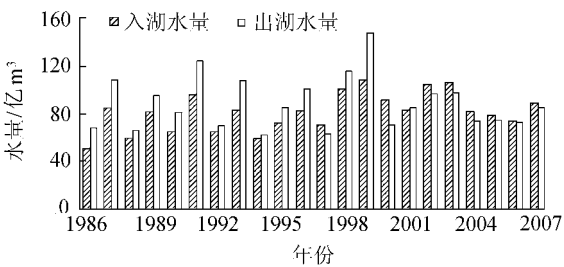


图2 1986—2007年环太湖出入湖水量

从图2可见,2000年以前除1997年外,其余年份出湖水量均大于入湖水量,特别在1999年出湖比入湖多了近40亿m³水量,分析其原因主要是由于该流域地处南方丰水地区,其降雨量远大于蒸发量。而2000年以后,除2001年外,其余年份入湖水量均大于出湖水量,说明随着流域内及外边界水利工况等的变化,如水资源调度、环太湖直接用水户取水量的变化等,出湖水量有所减少。

3.2 各水资源分区水量

为了研究太湖流域各水资源分区与太湖水利的联系,在分析整理1986—2007年的环太湖水文巡测资料的基础上,以各分区为单位分析计算出入湖水量,由于望虞河、太浦河为流域骨干引排水河道,故其水量单独计算,具体见图3、图4。

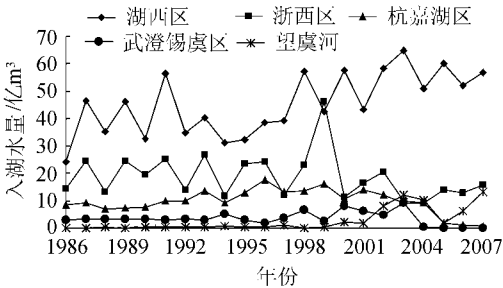


图3 1986—2007年环太湖主要入湖水资源分区水量

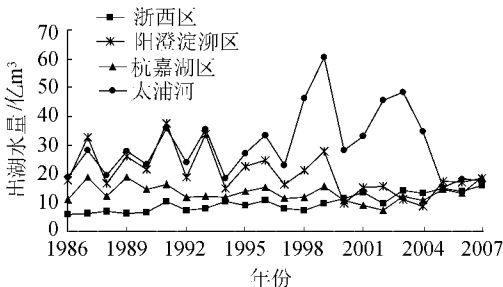


图4 1986—2007年环太湖主要出湖水资源分区水量

历史上,湖西区 and 浙西区均为太湖主要来水区,随着‘引江济太’工程的长效运行,2002 年后湖西区入湖水量增量较大,而浙西区呈递减趋势,望虞河入湖水量近年来增长显著。2000 年后,太浦河出湖水量较 2000 年前有所增加,而阳澄淀泖区出湖水量呈逐年递减趋势,浙西区与杭嘉湖区却呈递增趋势。

4 影响因素分析及对策措施

对历年环太湖及各水资源分区出入湖水量变化趋势分析结果表明,其影响因素主要包括降雨、水资源调度及环太湖取水量变化等方面,据此提出相应的对策措施。

4.1 降雨影响

由于太湖流域地处丰水区,其年降雨量远大于年蒸发量,而河道径流量主要源于降雨产流,因此,降雨是影响环太湖出入湖水量的一个主要因素。

由图 5 可见,2000 年前,降雨量变化与出入湖水量变化过程基本一致,但 2000 年后,降雨量变化与出入湖水量变化的响应程度较差,因而对出入湖水量的影响程度明显减弱。由于 1999 年太湖流域发生了大范围降水,梅雨期雨量达到 668.5mm,为常年的 3 倍^[5]。其出入湖水量远远高于其他年份。同时,各分区因其地形、下垫面等地理属性不同,其出入湖水量特征也呈现不同的特点,浙西区位于上游山丘区,产汇流较其他地区迅速,而阳澄淀泖区位于平原河网中游,受引排水影响,其出入湖水量均较往年有所增加 强降雨导致太湖水位上升,太湖水量通过东部河道排入下游,太浦河作为太湖主要出湖河道,出湖水量增幅较大。

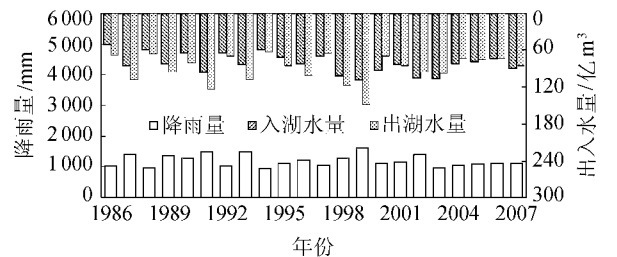


图 5 1986—2007 太湖流域降雨量和环太湖出入湖水量

4.2 水资源调度影响

4.2.1 沿江口门引江量

2000 年前后,沿江各闸经过改、扩建工程,引排能力逐渐增强,除个别丰水年份外,沿江各闸门的主要功能逐步转变成以引水为主,引江水量增大。限于资料原因,笔者仅对 1986—2006 年沿江口门引江量作分析计算(图 6)。

由图 6 可见,历来沿江闸门以排水为主,但

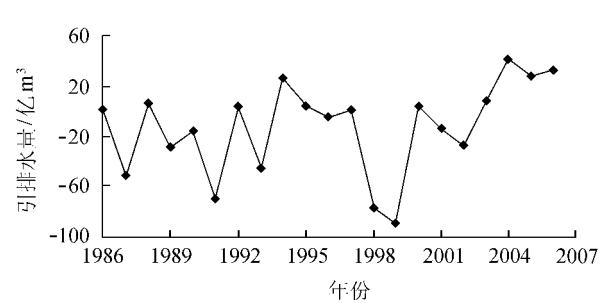


图 6 1986—2006 年沿江诸闸从长江引排水量

2003 年以后逐渐转为以引水为主,并于 2004 年达到最大值,引水量达到 41.1 亿 m³。随着沿江闸门引水量的明显加大,长江水源源不断地补充到太湖,在降雨偏少的年份,太湖水位也能维持在一个平稳的水平上^[6],同时,大量的长江水进入流域河网,抬高了河网水位,使得湖西区及阳澄淀泖区的入湖水量明显增加,太湖水位被抬高,导致太湖南岸的杭嘉湖区、浙西区及太浦河出湖水量都有所增加。但由于城市防洪等原因,武澄锡虞区在太湖沿线均有口门控制,为防止污水入湖,一年中的大部分时间都是关闭的,因此近几年该区出入湖水量趋向于‘0’。

4.2.2 “引江济太”工程

本文的‘引江济太’是指自 2002 年 1 月起通过常熟水利枢纽、望虞河和望亭水利枢纽工程引长江水入太湖。据统计,2002—2007 年间‘引江济太’工程净入湖 51.5 亿 m³,有效抬高了太湖以及平原河网水位,太湖出入湖水量增大,使太湖水量受降雨量影响程度明显减小。

“引江济太”工程对流域各分区的出入湖水量变化也产生了很大影响。长江水通过望虞河直接引入太湖,提高了太湖水位,太湖水再通过湖州至南浔的出湖河道补给杭嘉湖平原用水^[7],杭嘉湖区、浙西区的出湖水量开始增加,其中杭嘉湖区由 2002 年前的入湖为主转变为出湖为主,而浙西区在 2002 年后入湖水量也呈逐年递减趋势。

为研究‘引江济太’工程对环太湖入湖水量的影响,笔者对不同年份的年降雨量、入湖量、望虞河入湖量进行对比分析(表 2),发现 2002 年属丰水年,而 2003 年属偏枯年,但 2003 年望虞河入湖量比 2002 年多 4.36 亿 m³,因而入湖量多 2 亿 m³,而 2004 年与

表 2 不同年份降雨量、入湖量、望虞河入湖量对比

年份	降雨量/ mm	频率/%	入湖量/ 亿 m ³	望虞河入湖量/ 亿 m ³
2002	1398.4	12	104.33	7.91
2003	990.7	84	106.36	12.27
2004	1058.3	73	81.35	10.09
2005	1069.8	70	79.12	1.98
2006	1102.4	64	73.84	6.17
2007	1127.7	58	88.85	13.08

2005 年均是中等偏枯年份,2004 年望虞河入湖量比 2005 年多 8.11 亿 m³,因而入湖量多 2.8% 2007 年降雨比 2006 年略丰,但其望虞河入湖量比 2006 年多 6.91 亿 m³,因而入湖量多 20.3%。究其原因,这与 2002 年的‘引江济太’工程的长效运行有较大关系。

4.2.3 环太湖口门调度

通过将 2004 年环太湖各分区出入湖水量实测数据与利用太湖流域模型模拟计算各分区的出入湖水量对比分析(表 3),发现湖西区、浙西区、杭嘉湖区和望虞河出入湖水量计算值与实测值差值较大。究其原因,湖西区、浙西区主要由于环湖口门未全部设闸,而模拟计算时沿线均有闸门控制,与实际不符 而望虞河沿线有多处闸门,但现状未按照规划中的调度原则进行闸门控制,杭嘉湖区是因为现状环湖口门呈敞开状态,水量交换比较频繁,但规划调度中口门是关闭状态,因而差值较大。在降雨频率相同(相似)的年份,在设计工况与调度条件下,通过环太湖口门的调度,使得环太湖出入湖水量差别较大。

表 3 2004 年环太湖口门出入湖水量
计算与实测对比 亿 m³

分区	入湖			出湖		
	计算值	实测值	差值	计算值	实测值	差值
湖西区	35.44	42.01	- 6.57	0.11	3.02	- 2.91
浙西区	12.12	9.01	3.11	19.47	13.4	6.07
武澄锡虞区	9.86	9.78	0.08	0.76	0.06	0.70
阳澄淀泖区	0	1.21	- 1.21	7.27	6.30	0.97
杭嘉湖区	0.14	9.01	- 8.87	14.12	10.64	3.48
望虞河	20.41	10.16	10.25	1.99	5.28	- 3.29
太浦河	0	0.16	- 0.16	16.74	14.69	2.05
合 计	77.97	81.35	- 3.38	60.46	53.38	7.08

4.3 取水量变化影响

太湖是流域重要的供水水源地,除直接向周边城市自来水厂及自备水源供水外,还通过环湖 港等向周边地区的城乡生活、工业、农业、水产养殖以及生态环境供水。近年来,随着太湖流域经济社会的高速发展和人口的不断增加,环太湖直接取水户逐年增多,且重点取水户取水量也在逐年增大,由 2001 年的 4.45 亿 m³ 增加至 2008 年的 8.46 亿 m³,年增长率为 8.3%。2008 年环太湖重点取水户已达到 14 户,不仅有锡东水厂、小湾里水厂等水厂用水,还有望亭电厂冷却用水。环太湖重点取水户及取水量的增加,对 2000 年后太湖出湖水量的减少有一定的影响。

4.4 对策措施

a. 建立健全水资源监控系统,提高出入湖水量测量精度。由于环太湖出入湖水量监测和计算是太

湖水资源量的平衡计算及配置的核心内容,对太湖水量分配有着重要的意义,因而,针对目前环太湖出入湖河道断面均采用巡测方式,建议对表 4 中出入湖水量占环太湖出入湖水量的 70% 以上的单站及巡测断面中的辅助站以及沿湖的所有取水户建立水资源监控系统,进行在线监控。这不仅可进一步提高测验精度,还可使流域机构相关部门对出入太湖重要河段及环湖重点取水户能够有效控制。对于其他巡测断面,运用环太湖现代化测流方式,引入先进的测流设备,如 ADCP(声学多普剖面流速仪),增加测流频次,保证原始资料的精度,减小误差[3]。

表 4 1986—2007 年系列环湖口门及出入湖水量统计

	口 门	年均水量/ 亿 m ³	年均水量 占比例/%
	陈东港桥段	21.26	36.62
入湖	漕桥(三) + 黄埭桥	16.07	27.68
	湖山桥站 + 雅浦桥站 + 龚巷桥站	6.44	11.09
	长兴(二)段	5.35	9.22
	杨家埠站	4.65	8.02
	联湖桥南段	4.28	7.37
入湖水量占环太湖 入湖水量的 70% 以上		陈东港桥段、漕桥(三) — 黄埭桥、 湖山桥站(原白茆山站)	
出湖	口 门	年均水量/ 亿 m ³	年均水量 占比例/%
	太浦闸站	- 29.99	45.73
	望亭站 + 新通安桥段	- 9.32	14.20
	三里桥段	- 7.88	12.02
	瓜泾口段	- 7.13	10.87
	五福桥段	- 4.98	7.60
	联湖桥北段	- 3.93	6.00
	湖州杭长桥站	- 1.30	1.99
	沿湖小闸段 + 五里湖闸站	- 0.61	0.93
	钱山闸站 + 梅梁湖泵站	- 0.43	0.65
出湖水量占环太湖 出湖水量的 70% 以上		太浦闸站、望亭(立交)站、 三里桥段	

b. 加快实施太湖水量分配方案,加强水资源的统一调度。目前环太湖大部分出入湖河道已建闸控制,但闸门的启闭状态与规划中的调度原则有些不同,建议水行政主管部门加快制定和实施太湖水量分配方案,将环太湖各闸门的启闭状况按规划执行,这样不仅可为太湖水量分配计算提供基础数据,而且可保障流域水资源统一调度及优化配置。

c. 加强取水户的取水许可监督管理。取水许可制度的实施是水资源配置的具体体现[8],水行政主管部门对沿湖重点取水户做好取水许可审批工作,并加强对农业取水的监督管理,定期组织有关部门对环湖巡测线区域取水户的取水许可监督管理工作进行联合检查,经过相互协调配合能够加强对取水户的统一管理,并对流域取水许可总量控制有重要作用。

5 结 语

笔者对环太湖及各水资源分区出入湖水量变化情况进行分析,结果表明,降雨、水资源调度及环太湖直接取水户取水量变化为影响环太湖出入湖水量变化的主要因素。

综合考虑各种因素对环太湖出入湖水量变化的影响后,建议建立健全水资源监控系统,提高出入湖水量测验精度,加快实施太湖水量分配方案,加强环太湖各闸的统一调度,加强取水户的取水许可监督管理,对太湖流域实施用水总量控制,提高太湖的水资源利用效率和效益,实现太湖水资源的可持续利用有着重大的意义。同时,充分发挥“引江济太”工程的作用,尤其在枯水年,适时引水,缓解该流域由于降雨不足带来的供需矛盾,提高区域及流域水资源的保障能力。

参考文献：

[1] 黄宣伟.太湖流域规划与综合治理[M].北京:中国水利

(上接第 47 页)

等级由低到高,即三级区、二级区、一级区的顺序,尽早尽快采取相应的治理和预防措施,确保这些地区的地下水不受或少受污染。

4.2 建议

笔者对地下水安全性评价采用的是定性定量相结合的方法,评价结果反映了垃圾场地区地下水安全性的高低。由于地下水安全性评价涉及因素较多,笔者选取了 7 个对垃圾场地区地下水安全性影响较大的因子,在垃圾场被浸泡后,垃圾中硫酸盐、高锰酸盐、溶解性总固体等对垃圾场地区地下水安全性的影响在某些垃圾场地区也将存在,由于这些因子的影响仅限于局部的垃圾场地区,评价时没有考虑。随着对地下水脆弱性概念和评价方法研究的不断深入,地下水脆弱性评价方法将日趋完善,建议届时在评价时能尽可能客观地反映地下水脆弱性状况,评价结果将具有更大的参考价值。

参考文献：

[1] 北京市地质工程勘察院.北京市南水北调受水区垃圾场控高水位项目水文地质勘察报告[R].北京:北京市地质工程勘察院,2008:100-103.

水电出版社,2000:17.

[2] 黄贤金,王腊春,高超,等.太湖水资源水环境研究[M].北京:科学出版社,2008:2.
[3] 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,2006,26(5):58.
[4] 詹道江,叶守泽.工程水文学[M].北京:中国水利水电出版社,2000:48-49.
[5] 欧炎伦,吴浩云,林荷娟,等.1999 年太湖流域洪水[M].北京:中国水利水电出版社,2001:23.
[6] 张文龙,钱卫忠,戈礼宾.历年环太湖河道进出水量分析报告[R].湖州:浙江省湖州市水文站,2009.
[7] 沈国华,陈颖.太湖进出水量变化分析[J].江苏水利,2008(2):12.
[8] 何俊仕,尉成海,王教河.流域与区域相结合的水资源管理理论与实践[M].北京:中国水利水电出版社,2006:100-102.

(收稿日期 2010-12-22 编辑 徐 娟)

[2] 北京市水资源综合规划项目组.北京市地下水资源调查与评价[R].北京:北京市水利规划设计院,北京市水文总站,2003:31-36.
[3] GOGU R C, DASSARGUES A. Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using overlay and index methods[J]. Environmental Geology, 2000, 39(6): 546-556.
[4] RUPERT M G. Calibration of the DRASTIC groundwater vulnerability mapping method[J]. Ground Water, 2001, 39(4): 623-633.
[5] DIXON B,李大秋,EARLS J,等.地下水脆弱性评价方法研究[J].环境保护科学,2007,33(5):64-66.
[6] 杨庆,栾茂田.地下水易污性评价方法:DRASTIC 指标体系[J].水文地质工程地质,1999(2):5-7.
[7] 贺新春,邵东国,陈南祥.地下水环境脆弱性分区研究[J].武汉大学学报:工学版,2005,38(1):73-76.
[8] 吴登定,谢振华,林健,等.地下水污染脆弱性评价方法[J].地质通报,2005,24(10):1044-1047.
[9] 杨旭东,孙建平,魏玉梅.地下水系统脆弱性评价探讨[J].安全与环境工程,2006,13(1):1-4.
[10] 雷静.地下水环境脆弱性的研究[D].北京:清华大学,2002:75-86.

(收稿日期 2010-12-03 编辑 徐 娟)