

邵伯湖出入湖水量平衡计算 及影响因素分析

钱睿智¹, 王永东², 王亚宾²

(1. 江苏省水文水资源勘测局泰州分局, 江苏 泰州 225300; 2. 江苏省水文水资源勘测局扬州分局, 江苏 扬州 225002)

摘要:梳理邵伯湖水系、水利工程、湖泊地形、区域用水特点等情况,研究邵伯湖湖体水量交换的各水文要素和影响因素,建立邵伯湖水量平衡分析计算模型。选择区域基础用水的代表性较好及计算要素监测采集分析影响因素较少的时期开展邵伯湖环湖同步水文测验,反映邵伯湖水量平衡状况,基于模型和要素监测可以反向推算出邵伯湖区间用水量,为区域水资源利用与优化配置提供参考。

关键词:水量平衡; 误差分析; 水资源配置; 邵伯湖

中图分类号:TV882.9

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2024)08-0047-0004

Calculation of water balance and analysis of influencing factors for the entrance and exit of Shaobo Lake

QIAN Ruizhi¹, WANG Yongdong², WANG Yabin²

(1. Taizhou Branch of Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Taizhou 225300, China; 2. Yangzhou Branch of Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Yangzhou 225002, China)

Abstract: The water system, water conservancy project, lake topography and regional water use characteristics of Shaobo Lake were sorted out, the hydrological elements and influencing factors of water exchange in Shaobo Lake were studied, and the water balance analysis and calculation model of Shaobo Lake was established. The synchronous hydrology survey around Shaobo Lake was carried out when the regional basic water use was well represented and the influence factors of calculation factors monitoring, collection and analysis were few, reflecting the water balance status of Shaobo Lake. Based on the model and factor monitoring, the regional water consumption of Shaobo Lake can be calculated in reverse, providing reference for the utilization and optimization of regional water resources.

Key words: water balance; error analysis; water resources allocation; Shaobo Lake

邵伯湖属河道型湖泊,是淮河入江水道的行洪走廊,也是区域灌溉、引水和河网生态基流的重要水源^[1-2],邵伯湖及其供水区处于长江和淮河入江水道“一轴一带”交汇处^[3-4]。南水北调东线二期工程

规划,拟利用邵伯湖的独特地理优势逆向送水。开展邵伯湖出入湖水量平衡计算及影响因素分析,可以加强区域水资源有效管理,促进水资源合理配置利用,为进一步研究南水北调东线后续工程建设运

收稿日期: 2024-05-28

基金项目: 江苏省水利科技项目(2022030);江苏省“333高层次人才培养工程”(2022322002)

作者简介: 钱睿智(1987—),男,高级工程师,硕士,主要从事水文分析计算和水文预报工作。E-mail: qianruizhi1987@126.com

行对利用区域水资源方面影响提供技术支持^[5-6]。

1 区域概况

1.1 水系概况

邵伯湖入湖口以高邮控制线处断面为界,新民滩以上为高邮湖、以下为邵伯湖^[7],该湖上承高邮湖来水,西纳江淮分水岭以北高邮市、仪征市、邗江区丘陵岗地和沿湖圩区的洪(涝)水。在淮河入江水道行洪期间两湖连为一片,行洪后期利用控制线上的漫水闸控制高邮湖蓄水^[8],其出湖口以邵伯湖与归江河道分界点高家圩处断面为界。

1.2 水利工程概况

邵伯湖入湖控制位于高邮湖至邵伯湖之间,穿过长约 8.8 km、宽约 6.7 km 的新民滩^[9],由杨庄闸、毛港闸、新港闸、老王港闸、新王港闸、庄台闸(含套闸)、湖滨漫水闸等 7 座水闸以及东西向的堤埂组成,其主要作用是控制高邮湖蓄水 5.5~5.7 m,供高邮、天长、金湖等耕地的灌溉用水。当高邮湖水位超过 6.0 m 时即漫闸、漫滩行洪,邵伯湖出湖主要控制闸为万福闸、太平闸、金湾闸和运盐闸^[10]。除了起重要分隔作用的高邮湖控制线 7 座中型节制闸、归江控制线 3 座大型节制闸外,还有生态鱼道工程、船闸,湖西小型涵闸泵站等。

1.3 湖区地形概况

邵伯湖北接高邮湖,南联归江诸河,东临京杭大运河,西承丘陵岗地洪水,北宽南窄呈狭条状,北部宽 6.8 km,南部宽 1.8 km,南北长 29.8 km,堤内面积 142.6 km²,湖区平均高程 3.89 m,其中 3.80 m(死水位)以下面积占比 60%,4.10 m(生态水位)以下面积占比 65%,5.00 m(正常蓄水位)以下面积占比 80%,8.50 m(设计洪水位)以下面积占比 96%。

湖区东北部有大面积滩地,中间穿插深泓河、庄台河、王港河等水道,总面积 33 km²,占湖区面积的 23%,滩面最宽 4.6 km,占湖宽的 72%,滩面高程 5.0 m 左右。湖区西侧有切滩工程弃土区和少量滩地,总面积 10 km²,占湖区面积的 7%,其中滩面高程 5.7 m 左右,弃土区圩埂高于 8.5 m。

除滩地外,湖盆地形总体平坦,平均高程 2.93 m,北部高程 3.2 m 左右,南部高程 2.0 m 左右。上游来水通过湖西杨庄闸向南、向东至滩面南端,通过深泓河、庄台河、王港河向南,在滩面南端与杨庄闸水流会合,沿湖区东部水道流入归江诸河。湖区西侧大堤,自杨庄闸向南至许港闸段,堤顶高程在 10.0~11.9 m 之间,局部滩地高程低于 9.0 m;湖区东侧大

堤,北端珠湖村、新民村段,堤顶高程 12.4 m;向南大堤亦为京杭大运河西堤,堤顶高程在 10.0~11.8 m 之间。邵伯湖影像、地形图示意如图 1 所示。

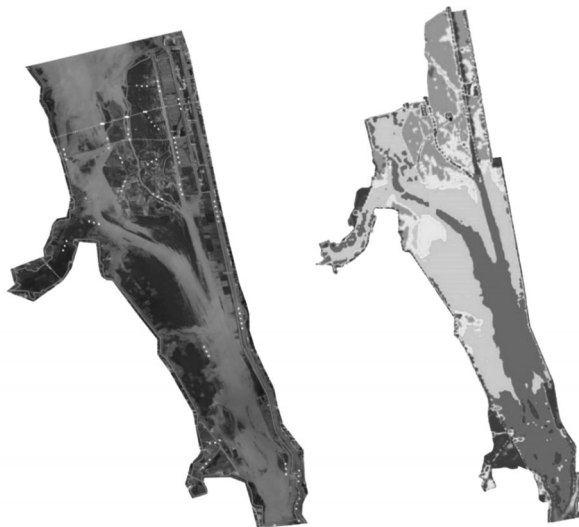


图1 邵伯湖影像、地形图示意

2 水量平衡计算

以邵伯湖作为一个封闭系统,研究邵伯湖湖水水量交换的各水文要素,开展水量平衡^[11-12]分析计算,水量平衡要素示意如图 2 所示。

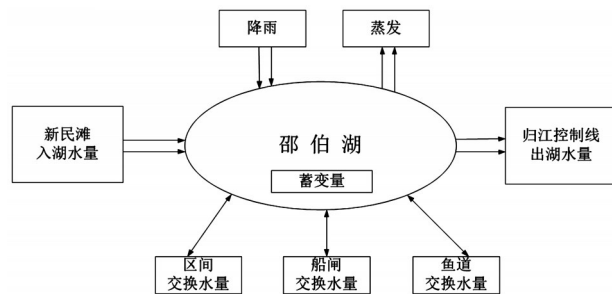


图2 邵伯湖水量平衡要素示意

2.1 计算要素

邵伯湖水量平衡分析计算主要有以下要素:输入项为降水量、新民滩口门巡测线流量、区间入流量、京杭运河西岸侧漏损量及邵伯船闸流量;输出项为蒸发量、归江控制线流量、扬州闸流量、施桥船闸流量、邵仙洞流量、鱼道生态用水量、湖西补水等。输入输出差值为邵伯湖库容变化。

根据实施目标,合理布设水位、流量监测站点是研究的基础。站点布设应充分考虑区域河网特性和相应的水利工程调度情况,需满足区域供水和

改善区域水动力条件的要求,总体上以能够控制区域内水流的运动特征为原则,在主要出入口门以及重要河流节点布设监测站点^[13]。水文监测共布设站点27处,其中水位站点6处,河道流量监测断面8处,涵闸流量巡测断面7处,水位流量驻测断面4处,船闸用水调查断面1处,流量巡测线1处。

暴雨集中期与行洪期这2个时间段,区域汇水较大,邵伯湖处于行洪期间,淮河入江水道行洪水量与区域用水量处于不同的量级,水量平衡各项控制精度不够,为尽可能减少计算误差,选取影响因子最少的干旱期非灌溉用水时段,开展计算要素监测采集分析。

2.2 水量平衡计算

根据邵伯湖水量平衡计算要素,邵伯湖水量平衡计算式为

$$W_1 - W_0 + P - E \pm W_C \pm W_S \pm W_F - \Delta_w = \Delta_{E1} \quad (1)$$

$$\Delta_{E2} = \left| \frac{2 \times \Delta_{E1}}{W_1 + W_0 + P + E \pm W_C \pm W_S \pm W_F \pm \Delta_w} \right| \quad (2)$$

式中: W_1 为新民滩巡测线实测入湖水量; W_0 为归江控制线线实测出湖水量; P 为湖面降水量; E 为湖面蒸发量; W_C 为区间交换水量; W_S 为船闸交换水量; W_F 为鱼道交换水量; Δ_w 为湖泊蓄变量; Δ_{E1} 为水量平衡计算的绝对误差; Δ_{E2} 为水量平衡计算的相对误差。

根据2022年10月17日实施的24 h水文同步监测试验数据,测验流量每3 h采用ADCP施测1次,水位采用浮子式水位计和雷达式水位计每5 min记录水位自动传输采集平台。根据各监测站点成果分析,入湖总流量53.2 m³/s,出湖总流量46.0 m³/s,湖区蒸发量6.13 m³/s(5.0 mm),绝对误差为1.07 m³/s,相对误差为1.6%。邵伯湖进出水量平衡分析成果见表1。

3 影响因素分析

根据邵伯湖水量平衡各计算要素采集方式,影响因素主要有测验误差、受风浪影响的湖泊动水面积计算误差。测验误差以流量测验误差对平衡分析计算的影响为主,受风浪影响的湖泊动水面积计算误差对降水量、蒸发量和湖体蓄变量的水量折算均有影响。减小流量测验误差从尽可能提高走航式ADCP^[14]流量测验精度着手,通过正确的参数设置、选择适当的工作模式、采用较小的深度单元、控制测船横渡速度、符合规范的走航测回数 and 测验历时等,以减小系统误差和随机误差。

表1 邵伯湖进出水量平衡分析成果

项目	监测站点	日平均流量/ (m ³ /s)	合计/ (m ³ /s)
入湖	新民滩巡测线	38.8	53.2
	皮套闸	5.78	
	团结河	0.20	
	邵伯船闸	8.43	
出湖	向阳河	-0.77	-46.0
	公道引水河	-0.05	
	方巷小运河	-2.53	
	邗江港	-0.41	
	槐泗河	-1.18	
	京杭运河	-29.10	
	邵仙河	-10.40	
	万福闸		
	太平闸	-1.58	
	金湾闸 (鱼道)		
	运盐闸		

受风浪影响的湖泊动水面积计算误差主要取决于环湖水位监测,环邵伯湖现设有水位站点6处。根据遥测水位过程线(图3)分析可知,环邵伯湖各水位站在现状工况下,各站水位过程基本一致。当通过万福闸引水入邵伯湖时,湖泊南部凤凰河口、六闸站水位上涨趋势一致,其他各水位站水位下降趋势一致。采用环湖6处站点水位计算湖泊动水面积可有效提高成果精度。

4 结 语

选择邵伯湖区域前期长时间未下雨且农作物用水量最小的时期,开展邵伯湖环湖同步水文测验,基础用水的代表性较好。开展所有进出水口门进行流量监测,计算要素监测采集分析影响因素较少,绝对误差为1.07 m³/s,相对误差为1.6%,较为精确地反映了邵伯湖水量平衡状况。邵伯湖区间用水量用途各异,用水方式不同,点多面广,直接计量难度大,基于建立的邵伯湖水量平衡计算模型,通过降水量、蒸发量、水位、新民滩控制线流量、归江控制线流量的要素监测,可以反向推算出邵伯湖区间用水量,促进区域水资源可持续利用与优化配置。

参考文献:

- [1] 钱睿智,王永东,薛军,等. 淮河入江水道新民滩控制线

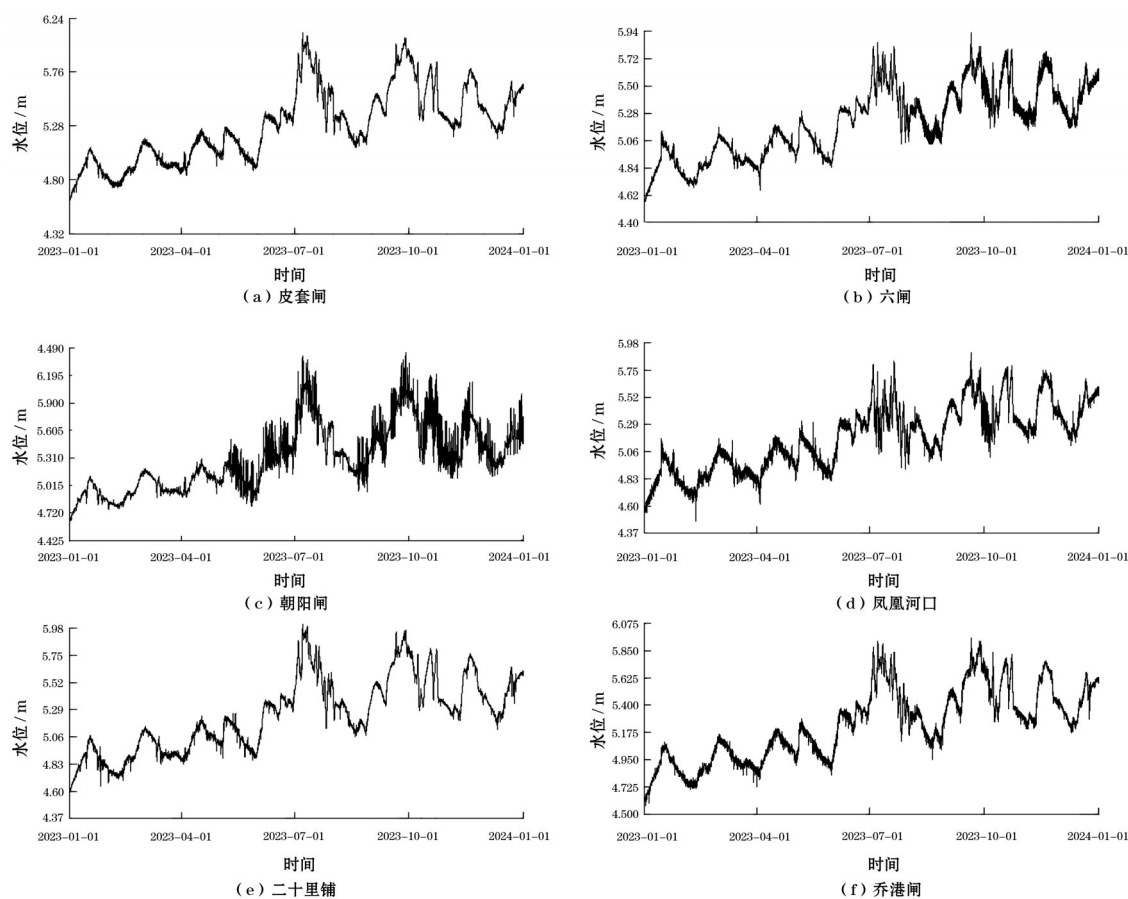


图3 环邵伯湖水水位监测站点过程线

- 行洪能力变化分析[J]. 中国防汛抗旱, 2022, 32(7): 58-65.
- [2] 陆莉蓉, 罗菊花, 杨井志, 等. 高宝邵伯湖关键地理要素时空演变遥感监测[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2022, 50(1): 29-37.
- [3] 饶贵康, 徐津, 王玲玲, 等. 南水北调东线二期半专道输水方案对淮河入江水道行洪能力影响研究[J]. 江苏水利, 2023(2): 14-18.
- [4] 陈静茹, 张沐川. 基于 MIKE21 的南水北调二期东线邵伯湖专道输水方案对淮河入江水道行洪的影响分析[J]. 陕西水利, 2021(6): 93-95.
- [5] 赵华清, 常本春, 杨树滩, 等. 基于水量配置模型的江苏省南水北调工程受水区缺水水量探讨[J]. 水资源保护, 2012, 28(6): 24-28.
- [6] 李增福. 江苏省南水北调受水区水文模型研究[D]. 南京: 南京大学, 2011.
- [7] 汤超, 樊旭. 高邮湖、邵伯湖水环境现状及治理对策[J].

中国水利, 2009(11): 48-49.

- [8] 吴小伟, 刘平. 扬州境内湖泊浮游植物群落结构及其与环境因子的关系[J]. 水资源保护, 2015, 31(5): 47-52.
- [9] 董礼翠, 张锁江. 淮河入江水道整治结合水土资源优化配置方案研究[J]. 企业科技与发展, 2013(16): 57-60.
- [10] 王永东, 李忠海, 徐明. 区间降雨产流对淮河入江水道行洪能力的影响分析[J]. 江苏水利, 2007(2): 32-34.
- [11] 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, 31(3): 60-63.
- [12] 李炳锋, 张珂, 鞠艳, 等. 金沙江流域实际蒸散发 GRACE 重力卫星遥感重构不确定性分析[J]. 水资源保护, 2023, 39(4): 159-166.
- [13] 钱睿智, 陈静, 李章林, 等. 扬州市中心城区河网闸泵联合调度优化研究与应用[J]. 江苏水利, 2019(12): 18-22.
- [14] 徐海波, 吴金华, 任小龙, 等. 基于固定式 ADCP 的陈东港污染物通量计算[J]. 水资源保护, 2023, 39(6): 178-185.