

控水闸对通江湖泊水位及面积变化的影响分析

——以升金湖为例

崔玉环¹, 王杰²

(1. 安徽农业大学 理学院, 安徽 合肥 230036; 2. 安徽大学 资源与环境工程学院, 安徽 合肥 230601)

摘要: 根据近3年来升金湖姜坝、黄湓闸闸上和闸下以及安庆水位站实测资料,探究控水闸对通江型湖泊水位及面积的影响。结果表明:受黄湓闸控水作用的影响,姜坝站水位在枯水期维持在11 m左右,远高于其他水位站,丰水期维持在15 m的警戒水位以内,与闸上水位波动一致,在特大洪水时河湖连通,水位不受控水闸影响;闸上水位在枯水期介于姜坝站和闸下水位之间,在水位高于11 m的平水期和丰水期,水位波动基本与姜坝站水位一致;闸下水位在枯水期介于闸上和安庆站水位之间,在平水期和丰水期与长江水位波动一致;估算并比较在河湖自然连通和黄湓闸控水状态下升金湖月均面积的变化,控水闸导致枯水期湖泊面积扩大,丰水期湖泊面积缩小。

关键词: 河湖连通; 通江湖泊; 湖泊水位; 湖泊面积; 控水闸; 升金湖

中图分类号:TV213.4

文献标识码:A

文章编号:1672-643X(2018)04-0047-06

Influence of the sluice on water level and area of Yangtze river-connected lakes: a case study in Shengjin Lake

CUI Yuhuan¹, WANG Jie²

(1. School of Science, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;

2. College of Resources and Environmental Engineering, Anhui University, Hefei 230601, China)

Abstract: According to the measurement of Jiangba Station in Shengjin Lake, Huangpen sluice (upper and low reaches) and Anqing gauge station for the period of 2015 to 2017, the influence of water control sluice on water level and lake area for Yangtze River-connected lakes was investigated. The main conclusions are: Due to the influence of man-made dam interception and water control of Huangpen sluice, the water level of Jiangba Station remained at about 11 m, far higher than other water level stations in dry season. During the wet season, the water level reminds lower than the warning water level of 15 m, which is consistent with the upper of Huangpen sluice fluctuation, expect for the extraordinary flood, causing the rivers and lakes connected, and the water level is not controlled by the sluice. The water level of the upper of Huangpen sluice fluctuates between Jiangba Station and the low reaches of the sluice, which was basically in accordance with that of Jiangba Station during the flat water period and the wet season when the water level is higher than 11 m. The water level of the low reaches of the sluice was between the upper sluice and Anqing station during the dry season, which is consistent with water level fluctuation of the Yangtze River. The average monthly area changes of Shengjin Lake under the conditions of natural connection of river and lake and Huangpen sluice control are estimated and compared respectively, which shows that the controlled sluice resulted in the enlargement of lake area in dry season and the Shrinkage of lake area in wet season.

Key words: the river-lake connectivity; Yangtze River-connected Lakes; lake level; lake area; sluice; Shengjin Lake

收稿日期:2017-12-13; 修回日期:2018-02-03

基金项目:国家自然科学基金项目(41401022、41471001、41571101);安徽省自然科学基金项目(1608085QD82)

作者简介:崔玉环(1983-),女,甘肃平凉人,博士,讲师,研究方向为水文及水资源。

通讯作者:王杰(1984-),男,安徽阜阳人,博士,讲师,研究方向为水环境遥感。

1 研究背景

河湖水系的连通可维持湿地生态系统的完整性,影响流域水资源的开发利用和分配,影响水功能区水质状况^[1]。大坝的修建,一方面割断了河道的纵向连通性,改变水流的时间和空间分布,引起水文情势的变化及生态系统物理、化学和地貌形态的改变^[2],不利于湿地生物的生长,有可能降低河流湿地的生物多样性^[3]。另一方面,筑堤和建闸人为地切断了河流与湖泊的自然连通,节制了干流及其支流和湖泊间的水力联系,从而使得在河湖连通的支流河道内发生泥沙淤积,河湖泊联系通道阻塞,水系连通性变差^[4-5]。

目前,国内外学者对控水闸等水利工程对河道水系水质水量的影响展开讨论,Richter 等^[6]认为闸控改变河道自然连通状态,导致流域水文循环过程的变化,进而对生态系统产生及物种产生重大影响。胡巍巍^[7]用 IHA 和 RAV 法研究了蚌埠闸及上游闸坝对淮河自然水文情势的影响,结果发现闸坝对下游河流水文情势影响强烈,特别是在枯水期。左其亭等^[8]通过在沙颍河槐店闸实验分析,得出考虑底泥扰动的水闸运作对重污染河流水质水量运移的作用规律。郭文献等^[9]通过实测水文资料对比分析了北运河闸坝工程修建前后河段水文情势的变化,得出闸坝工程导致河流流量减少,以非汛期更为明显。

自 19 世纪 50 年代以来,长江中下游通江浅水湖泊兴建闸坝、筑堤,改变了河湖原有的自然联通状态,导致绝大多数湖泊成为阻隔湖泊,仅剩洞庭湖、鄱阳湖、石臼湖自然通江。目前就控水闸坝对通江湖泊河湖水质水量连通性方面的研究较少,仅就拟建设鄱阳湖水利枢纽方面,相关学者做了一些论证和预测,余启辉等^[10]和赖格英等^[11-12]通过水动力模型预测了鄱阳湖水利枢纽对长江干流、湖泊支流水位和流量的影响。杜彦良等^[13-14]定量预测了水利枢纽的不同调度方案对鄱阳湖水质状况的影响。

因此,本文以建有控水闸的典型通江湖泊—升金湖为研究区,分析闸控两侧长江、湖泊水位年内涨落关系及其相关性,考虑控水闸的运作方式,进而探究控水闸建设对通江湖泊水文特征的影响,为研究不同水位波动下河湖水质迁移、土壤地貌特征提供参考,也可以为河湖水系连通战略实施,提高水资源统筹配置能力,加强生态环境质量和防洪保安能力提供理论基础。

2 数据与方法

2.1 研究区概况

升金湖位于安徽省池州市贵池区和东至两县交界处,地处东经 116°55′至 117°15′,北纬 30°15′至 30°30′,自西向北自然分成 3 个相连的水面(上、中、下湖),以黄湓河为中心扩展成湖。上、下两湖床略高于中湖,平均海拔 11 m,湖周海拔平均 25 m。上湖与中湖、下湖人为筑坝分开,上游来水较大时可以通过拦坝,水量减少时则起到保留上湖水量的作用。中湖、下湖与长江之间由黄湓河连接。每年 5—8 月为丰水期,平均水位 12.5 m(吴淞高程),11 月—次年 4 月为枯水期,平均水位 8.9 m,其他时期为平水期,平均水位 11.3 m^[15]。年平均降水量约 1600 mm,且受亚热带季风影响,降水主要集中在夏季,约占全年降水量的 50%。为控制升金湖水位,于 1960 年在黄湓河修建黄湓闸,1965 年正式投入使用,该闸汛期拒江水倒灌入湖,汛后排泄升金湖渍水,干旱年份引江水入湖或关闸蓄水,在一定程度上维持升金湖水位,减少干旱年份湖泊过度萎缩的风险,但在很大程度上改变了河湖的自然连通状态,从而造成河湖泥沙输移、污染物运移和降解、鱼类巡回等方面的生态环境问题。

2.2 数据来源及处理

收集整理了 2015—2017 年的升金湖姜坝站,黄湓闸闸上、闸下水位,长江安庆站水位实地观测数据,以及黄湓闸逐日降水数据(站点分布见图 1)。2016 年夏长江中下游发生持续洪水,升金湖水位(姜坝站)最高达 17.45 m,超过警戒水位 15 m 历时 40 d,长江安庆站最高水位达 17.68 m,超过长江警戒水位 16.7 m 历时 23 d,期间江湖水位不受闸控影响,处于完全连通状态。

本文分别分析以上 4 个水位站在枯水期、涨水期、丰水期和退水期水位波动差异及其相关性,以及黄湓闸汛期拒江水倒灌入湖,汛后排泄升金湖渍水,干旱年份引江水入湖或关闸蓄水的运作方式,分析控水闸的运作对河湖水位波动的影响。并根据 2016 年特大洪水年份河湖水位丰水期的特殊连通关系,参照已有研究中升金湖水位—湖泊面积的关系^[16],定量分析不受闸控影响下,在正常年份湖泊水位与面积变化过程。

3 控水闸对湖泊水位波动的影响

3.1 水位年内波动特征

姜坝水位站水位反映升金湖上湖水位波动,上

湖和中下湖之间有人为筑坝,坝高约 11 m。中下湖与长江由黄湓河相连,水位受黄湓闸控制,因此黄湓闸闸上水位可反映中下湖的水位波动,安庆水位站的水位代表长江的水位波动。闸上、闸下、姜坝和安庆水位站 2015 年 1 月 1 日–2017 年 11 月 30 日水位波动见图 2 所示。从图 2 可以看出,姜坝站水位波动与其他水位站差异较大,由于人为筑坝的拦截作用,枯水期维持 11 m 左右的水位,远高于其他水位站水位,丰水期除了 2016 年特大洪水与其他水位波动保持一致以外,其它年份均维持在 15 m 的警戒水位以内,与闸上水位波动一致,由于黄湓闸汛期关闸拒江水倒灌,该站点高水位远低于闸下和安庆站水位,且水位波动存在较大差异。

闸上水位在枯水期介于姜坝和闸下水位之间,水位高于 11 m 的平水期和丰水期,水位波动基本与姜坝水位一致,原因在于升金湖在低水位时向长江泄流,当湖水位低 11 m 时,升金湖上湖和中、下湖水体被拦截坝分开,持续泄流导致中、下湖水位不断降低;闸下水位受黄湓闸泄水和长江水位波动共同影响,在枯水期湖水向长江泄流,闸下水位介于闸上和

安庆水位之间,在平水期和丰水期与长江水位波动一致;安庆水位反映长江水位的波动特征,全年受降水影响较大,枯水期降水减少,水位在 7 m 左右波动,春夏季降水增加,水位加速上涨,丰水期洪峰尖瘦。

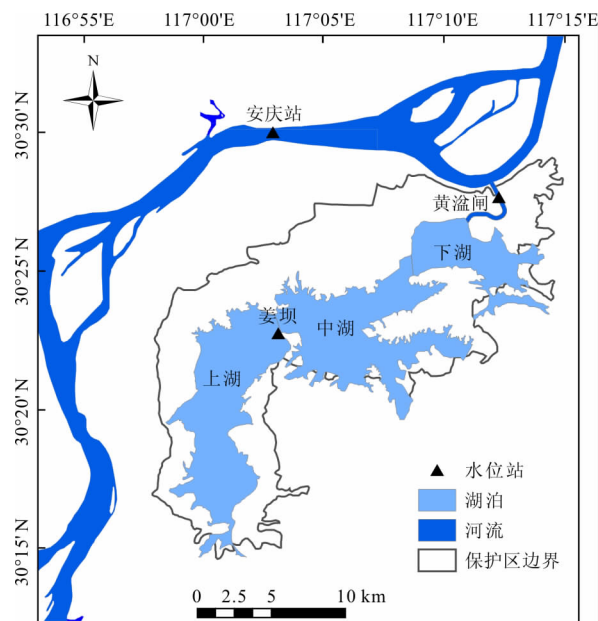


图1 研究区水位站与控水闸空间分布图

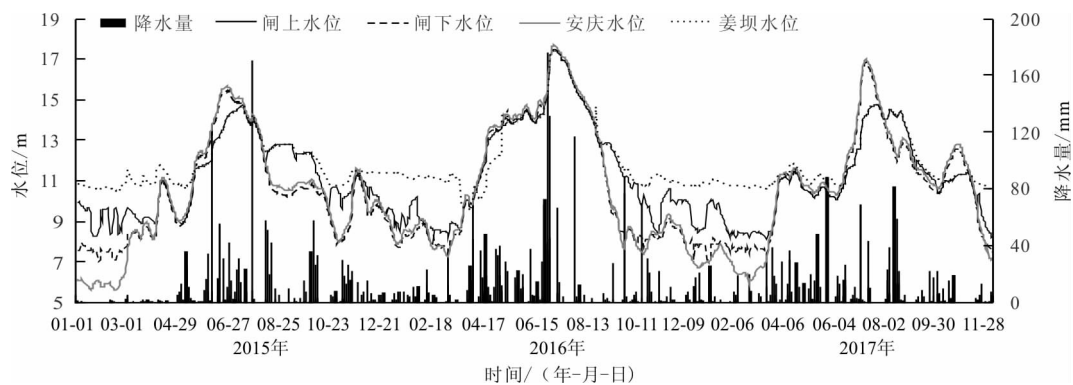


图2 2015–2017 年不同水位站水位年内波动

3.2 不同水文时期水位分布特征

不同水文阶段水位的箱式分布图,可反映水位在各阶段间波动的趋势以及波动范围。本文根据姜坝、闸上、闸下和安庆 4 个水位站的实测水位数据生成箱式分布图(图 3),并比较在枯水期、涨水期、丰水期和退水期 4 个阶段水位的相关关系(表 1)。综合分析水位箱式分布(图 3)和不同水位站之间的相关系数(表 1),得出如下结论:

(1) 枯水期:枯水期姜坝站水位较为稳定,中位数偏向下四分位数,分布集中在 10.44 ~ 11.46 m 之间,平均水位 10.95 m,水位历时大约为 12 月–次年 4 月底;闸上水位近似正态分布,中位数处于上下

四分位数中间位置,分布范围在 7.86 ~ 10.96 m 之间,平均水位 9.18 m,水位历时大约为 12 月–次年 3 月底,频繁的开闸放水,使水位存在明显锯齿状波动;闸下和安庆站水位波动较为一致,变化范围分别为 7.05 ~ 10.39 m 和 5.57 ~ 10.64 m,平均水位分别为 8.06 和 7.45 m,水位历时大约为 12 月–次年 2 月底,但从箱式图图 3 看,闸下的水位分布较安庆站集中,且由于枯水期开闸放水导致存在异常值。

4 个水位站水位相关性在不同年份差异较大,可能与枯水期降水量有关。2015 年枯水期几乎无降水,水位站水位相关系数均在 0.65 以上,闸下–安庆、闸下–姜坝和安庆–姜坝相关系数均在 0.94 以上,2016 年除了闸下–安庆和安庆–姜坝相关系

数大于 0.6,其余均在 0.5 以下,2017 年除了闸上 - 闸下和闸下 - 姜坝相关性较差,其余均在 0.5 以上。

(2) 涨水期:姜坝站水位分布较为集中,但高低水位均出现异常值,2015 年大约 5 月初水位开始持续上涨,至 6 月初达到大于 12 m 的高水位,2016 年 4 月初开始上涨,4、5 月降水持续增加,至 4 月底已达到高水位,2017 年 6 月初水位才开始上涨,至 6 月底达高水位;闸上水位在 3 月底开始上涨,在 6 月初达到高水位;闸下和安庆水位在 3 月初开始上涨,在 6 月初至 6 月底达到高水位;闸上、闸下和安庆站水位分布较离散,且尾长较长,中位数居中偏上,在 4 月份有 1 次小洪峰(2015 和 2017 年),2016 年 3 月开始持续降水,水位急剧抬升至高水位,且在水位上涨之初,姜坝站水位高于其他站水位,但随着春季降水的增加,其他 3 站水位急速增加,很快超过了姜坝站水位。

4 个水位站水位相关性均较大,相关系数在 0.695 ~ 0.998 之间,姜坝站与其他 3 个水位站水位相关性(相关系数在 0.695 ~ 0.831 之间)相对低于其他 3 个站之间的相关性(相关系数大于 0.932)。

(3) 丰水期:6 ~ 8 月份为 4 个水位站的丰水期,2015 和 2017 年正常水文年份,丰水期黄溢闸关闸拒江水倒灌,控水闸两侧水位有较大差异,姜坝站和闸上站水位变化过程基本一致,安庆站在洪峰处水位高于闸下水位,两者亦有近似的水位波动过程,2016 年洪水年份,洪水位接近 14 m 之后,河湖水位不受控水闸作用,河湖水体连成一体,4 个水位站有近似的水位波动过程。闸下站和安庆站水位近似正态分布,但分布较为离散;闸上站和姜坝站水位中位数偏向上四分位数处,分布较为集中。

为便于比较,分别生成了 2016 年和 2015、2017 年丰水期水位分布箱图(见图 4)。2015、2017 年丰水期闸上和姜坝水位分布较为集中,中位数居中,水位呈正态分布,闸下和安庆水位分布较离散,中位数居中偏下,而 2016 年丰水期 4 个水位站水位分布近似,中位数偏向向下四分位处。从相关性比较看,4 个水位站水位在不同年份相关性存在差异,2016 年洪水作用下,河湖持续高水位,河湖连接成片,各站点水位相关系数均在 0.99 以上,在 2015 和 2017 年闸下 - 安庆和闸上 - 姜坝相关系数均在 0.99 以上,其余均在 0.674 ~ 0.719 之间。

(4) 退水期 8 月份以后,4 个水位站开始进入退水期,退水初期,姜坝和闸上站水位变化过程基本一致,水位分布较为集中,闸下和安庆水位变化过程基本一致,水位分布较离散,且中位数偏向上四分位处。大约在 10 月份之后黄溢闸开始集中泄洪,闸上水位出现较大锯齿状波动,且闸下水位出现与闸上相反的波动,11 月以后,闸上、闸下和安庆水位出现随降水波动的态势,由于拦截坝的作用,姜坝站水位降至 11 m 左右开始平稳变化。4 个水位站水位相关性均较大,相关系数在 0.533 ~ 0.998 之间,姜坝 - 闸上和闸下 - 安庆水位相关性(相关系数在 0.746 ~ 0.998 之间)高于其他站之间的相关性。

总体来说,4 个水位站可大致分为两组,闸上和姜坝站有近似的水位变化过程,闸下和安庆站具有近似的水位变化过程(除枯水期,闸下受上游放水影响明显,和安庆站水位分布差异较大)。由此可见,通江河道控水闸改变了长江 - 湖泊的河湖自然连通性,对通江湖泊 - 升金湖的水位变化规律产生重要影响。

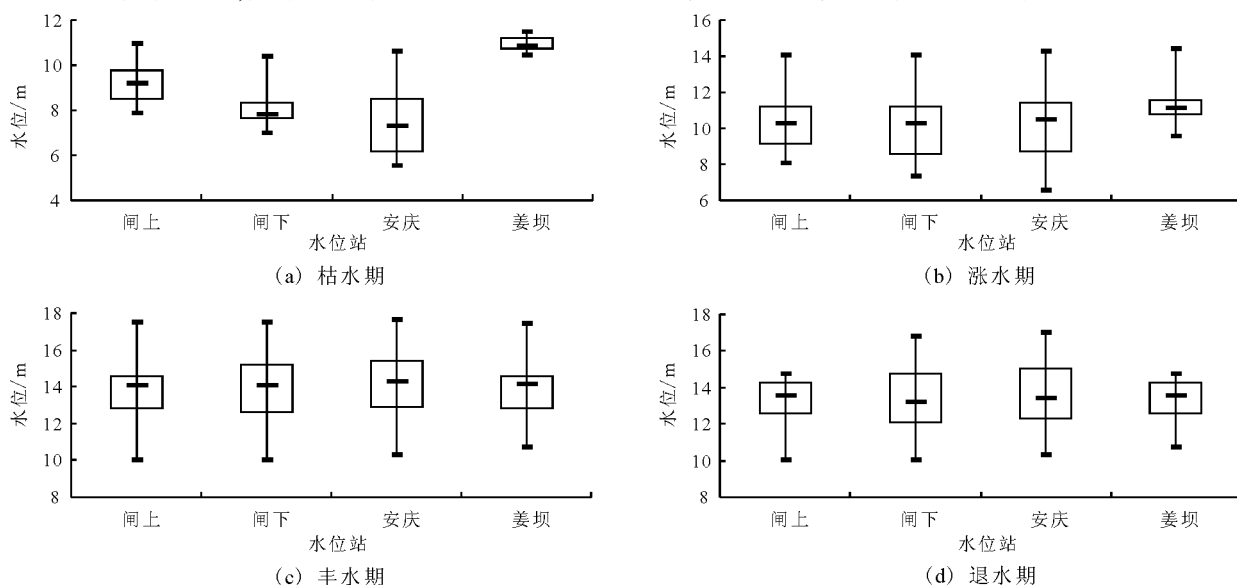


图 3 2015 - 2017 年不同水位站在各水文阶段的水位分布

表 1 2015 – 2017 年不同水位站在各水文阶段的相关系数

水文阶段	年份	闸上 – 闸下	闸上 – 安庆	闸上 – 姜坝	闸下 – 安庆	闸下 – 姜坝	安庆 – 姜坝
枯水期	2015	0.673 **	0.657 **	0.704 **	0.977 **	0.944 **	0.964 **
	2016	0.015	0.322	0.227	0.772 **	0.410	0.611 **
	2017	0.282	0.764 **	0.511 **	0.636 **	0.347	0.524 **
涨水期	2015	0.965 **	0.932 **	0.831 **	0.992 **	0.744 **	0.695 **
	2016	0.995 **	0.990 **	0.783 **	0.998 **	0.728 **	0.714 **
	2017	0.995 **	0.970 **	0.821 **	0.987 **	0.796 **	0.766 **
丰水期	2015	0.717 **	0.719 **	0.981 **	1.000 **	0.708 **	0.710 **
	2016	0.995 **	0.995 **	0.993 **	1.000 **	0.987 **	0.986 **
	2017	0.708 **	0.709 **	0.993 **	1.000 **	0.674 **	0.674 **
退水期	2015	0.635 **	0.639 **	0.943 **	0.998 **	0.724 **	0.726 **
	2016	0.737 **	0.684 **	0.854 **	0.972 **	0.810 **	0.795 **
	2017	0.894 **	0.910 **	0.746 **	0.996 **	0.533 **	0.539 **

注: * 表示显著性水平达 0.1; ** 表示显著性水平达 0.05; *** 表示显著性水平达 0.01。

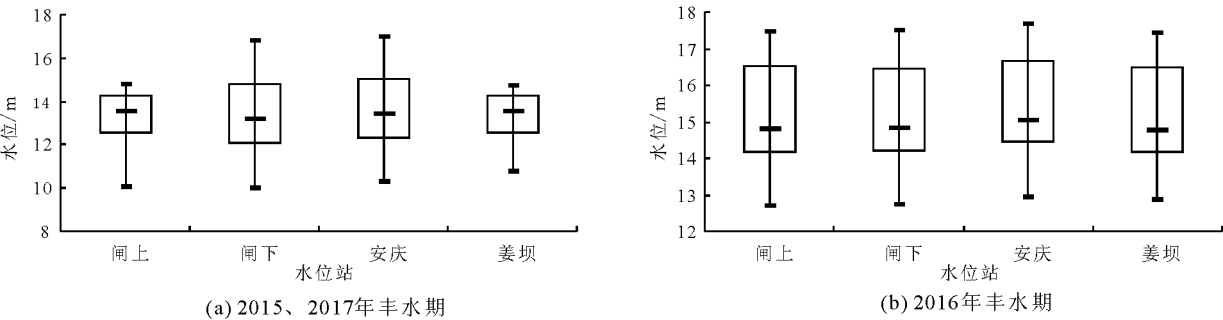


图 4 洪水年份(2016 年)与其他年份(2015、2017 年)水位分布的差异

4 控水闸对湖泊面积的影响

李皖彤等^[16]通过遥感监测技术建立升金湖水
位 – 面积关系: $S_{\text{湖}} = 9.94H + 9.10, R^2 = 0.958$ 。参
考处于河湖自然连通状态的鄱阳湖水 位 – 面积呈
现对数关系^[17], 本文假设升金湖与长江自然连通时
其水位 – 面积关系亦为对数关系, 并重新拟合为:
 $S_{\text{湖}} = 106.76 \ln H - 136.39, R^2 = 0.960$ 。升金湖水
位 – 面积关系见图 5 所示。

假设没有黄湓闸的控水作用与拦水坝的拦截,
长江与升金湖呈现自然连通状态, 则在整个水文周
期内, 湖泊水位和长江水位呈现相同变化过程, 在枯
水期湖泊水位维持在 8 m 左右(黄湓河近湖段河面
高程约 8 m, 低于 8 m 时, 河湖不连通), 在丰水期湖
泊水位波动与长江水位一致, 安庆到升金湖入河口
水位落差大约为 0.21 m(2016 年 7 月安庆与姜坝水
位落差计算得出)。据此推断, 本文重新估算在河
湖连通条件下 2015 年升金湖月平均水位, 根据上述
湖泊水位 – 面积的对数关系, 推算湖泊面积, 并与根
据实测水位计算的湖泊面积比较, 结果见表 2。由
表 2 可以看出, 在现有闸控条件下, 在枯水期升金湖

面积有所增大, 最大增幅可达 30.98 km², 而在高水
位时升金湖面积有所减小, 最大减幅约 10 km²。

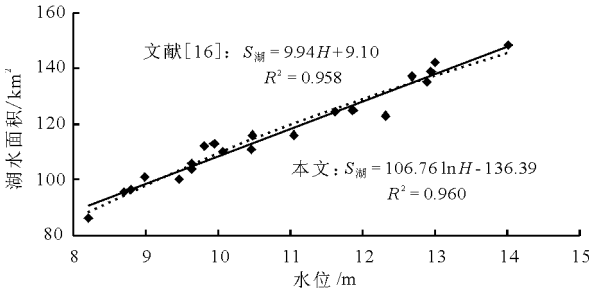


图 5 升金湖水 位 – 面积关系(数据参考文献[16])

表 2 控水闸运行、河湖自然连通条件下
升金湖面积的定量估算

月份	水位/m			湖泊面积/km ²		
	安庆站	姜坝站	计算值	自然连通	建闸后	差值
1	5.93	10.69	8.00	85.61	116.59	30.98
2	5.97	10.66	8.00	85.61	116.24	30.63
3	8.42	10.98	8.42	91.07	119.41	28.34
4	9.95	11.22	9.95	108.90	121.69	12.79
5	10.88	11.22	10.88	118.46	121.74	3.28
6	14.59	13.10	14.39	148.27	138.27	-10.01
7	14.54	14.24	14.34	147.92	147.20	-0.72
8	11.38	12.71	11.18	121.31	135.04	13.74

续表 2

月份	水位/m			湖泊面积/km ²		
	安庆站	姜坝站	计算值	自然连通	建闸后	差值
9	10.78	12.48	10.78	117.41	133.09	15.68
10	9.95	11.38	9.95	108.91	123.27	14.36
11	9.74	11.15	9.74	106.64	121.10	14.45
12	9.71	11.40	9.71	106.34	123.44	17.11

5 结 论

通过分析近 3 年来升金湖姜坝、黄湓闸闸上和闸下以及长江安庆水位站逐日水位变化过程及各站点水位波动的相关关系,分析黄湓闸控水对升金湖水位波动的影响,并根据特大洪水年份(2016 年)丰水期的自然河湖连通关系,结合已建立的湖泊水位-面积的关系,定量估算不受闸控影响情况下通江湖泊水位、面积变化的过程,探究控水闸运行对通江湖泊水位及面积的影响,得出以下结论:

(1)在人为筑坝拦截和黄湓闸控水作用的共同影响下,姜坝站水位与其他站水位差异较大,枯水期水位维持在 11 m 左右,远高于其他水位站,在河湖连通时丰水期水位不受控水闸影响,其他年份维持在 15 m 的警戒水位以内,与闸上水位波动一致。

(2)闸上水位在枯水期介于姜坝站和闸下水位之间,在水位高于 11 m 的平水期和丰水期,水位波动基本与姜坝站水位一致;闸下水位在枯水期介于闸上和安庆站水位之间,在平水期和丰水期与长江水位波动一致;安庆水位反映长江水位的波动特征,全年受降水影响较大,枯水期水位最低,在 7 m 左右波动,春夏季降水增加,水位加速上涨,丰水期洪峰尖瘦。

(3)在现有建闸控水条件下,相比于自然河湖连通状态,升金湖在枯水期面积有所增大,最大增幅可达 30.98 km²,而在丰水期湖泊面积有所减小,最大减幅约 10 km²。

目前在长江流域内建设水闸数量已超过 5×10^4 个,改变了原有的河湖体系自然连通关系^[18]。受区域地质构造、地形、河道形态等影响,不同集水流域的控水闸对通江河流(湖泊)水文特征的影响可能会存在着一定差异^[19]。受水文站实测资料的限制,本文分析了控水闸运行对安徽省升金湖水位及面积变化的影响,在今后研究中选取其它类型通江湖泊为研究对象,进一步探究控水闸运行对通江湖泊水文规律的影响机制。

参考文献:

- [1] 夏军,高扬,左其亭,等. 河湖水系连通特征及其利弊[J]. 地理科学进展, 2012, 31(1): 26-31.
- [2] 朱迪,常剑波. 长江中游浅水湖泊生物完整性时空变化[J]. 生态学报, 2004, 24(12): 2761-2767.
- [3] 何用,李义天,吴道喜,等. 水沙过程与河流健康[J]. 水利学报, 2006, 37(11): 1354-1359+1366.
- [4] 吴道喜,黄思平. 健康长江指标体系研究[J]. 水利水电快报, 2007, 28(12): 1-3.
- [5] 汪恕诚. 再谈人与自然和谐相处: 兼论大坝与生态[J]. 中国水利, 2004(8): 6-9.
- [6] RICHTER B D, ANDREW T, WARNER JUDY L, et al. A collaborative and adaptive process for developing environmental flow recommendations [J]. River Res. Applic, 2006, 22(3): 297-318.
- [7] 胡巍巍. 蚌埠闸及上游闸坝对淮河自然水文情势的影响[J]. 地理科学, 2012, 32(8): 1013-1019.
- [8] 左其亭,高洋洋,刘子辉. 闸坝对重污染河流水质水量作用规律的分析与讨论[J]. 资源科学, 2010, 32(2): 261-266.
- [9] 郭文献,张亮,王鸿翔,等. 闸坝工程建设对北运河水量水质影响研究[J]. 灌溉排水学报, 2010, 29(6): 56-59.
- [10] 余启辉,马强,游中琼,等. 鄱阳湖水利枢纽调度对湖区枯期水位与流速影响[J]. 人民长江, 2013, 44(17): 18-21+59.
- [11] 赖格英,王鹏,黄小兰,等. 鄱阳湖水利枢纽工程对鄱阳湖水文水动力影响的模拟[J]. 湖泊科学, 2015, 27(1): 128-140.
- [12] 赖格英,张志勇,王鹏,等. 拟建鄱阳湖水利枢纽工程对长江干流流量影响的模拟[J]. 湖泊科学, 2017, 29(3): 521-533.
- [13] 杜彦良,周怀东,毛战坡,等. 鄱阳湖水利枢纽工程对水质环境影响研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2011, 9(4): 249-256.
- [14] 杜彦良,周怀东,彭文启,等. 近 10 年流域江湖关系变化作用下鄱阳湖水动力及水质特征模拟[J]. 环境科学学报, 2015, 35(5): 1274-1284.
- [15] 罗子君. 安徽沿江湖泊越冬白头鹤 (*Grus monacha*) 生境选择的初步研究[D]. 合肥: 安徽大学, 2012.
- [16] 李皖彤,李春林. 升金湖湿地景观格局与水位关系的研究[J]. 中国科技论文在线, <http://www.paper.edu.cn>.
- [17] 齐述华,龚俊,舒晓波,等. 鄱阳湖淹没范围、水深和库容的遥感研究[J]. 人民长江, 2010, 41(9): 35-38.
- [18] YANG H F, YANG S L, XU K H, et al. Erosion potential of the Yangtze Delta under sediment starvation and climate change[J]. Scientific Reports, 2017, 7(1): 10535.
- [19] LATRUBESSE E M, ARIMA E Y, DUNNE T, et al. Damming the rivers of the Amazon basin [J]. Nature, 2017, 546(7658): 363-369.