

三峡工程运行对鄱阳湖水位影响试验*

邬年华¹, 罗 优^{1**}, 刘同宦², 黄志文¹

(1: 江西省水利科学研究院, 南昌 330029)

(2: 长江科学院, 武汉 430010)

摘 要: 三峡工程运行改变了长江中下游水沙情势, 影响了鄱阳湖湖区水位, 造成了水资源利用、水质、湿地和生态等方面的新问题. 实测日水位资料分析认为: 湖区水位年内变化可分为低水、涨水、顶托倒灌和退水 4 个阶段; 顶托倒灌阶段湖区水位基本由长江干流控制, 另外 3 个阶段湖区水位受湖口流量和长江干流的共同影响, 受影响程度与水位站位置、湖口流量和长江干流相互作用强弱有关; 三峡工程运行没有改变鄱阳湖水位“高水湖相、低水河相”的基本特征, 但对水位造成了一定影响. 开展物理模型试验探索三峡工程运行对湖区水位的影响程度, 结果表明: 蓄水期三峡工程运行造成湖区水位降幅较大, 枯水年都昌站平均(最大)降幅为 0.94 m(2.58 m), 枯水年湖区水面面积减小 68%; 增泄期会增加湖区水位, 都昌水位最大增幅约 1 m, 平水年湖区面积增加约 32%; 枯水期三峡工程运行对鄱阳湖水位基本无影响.

关键词: 江湖关系; 鄱阳湖; 水位; 三峡工程; 生态; 湿地

Experimental study on the effect of the Three Gorges Project on water level in Lake Poyang

WU Nianhua¹, LUO You¹, LIU Tonghuan² & HUANG Zhiwen¹

(1: *Jiangxi Provincial Institute of Water Sciences, Nanchang 330029, P. R. China*)

(2: *Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, P. R. China*)

Abstract: The operation of the Three Gorges Project (TGP) modified water sand regime in the middle and lower reaches of Yangtze River, affected on water level in Lake Poyang and correspondingly brought series new problems on water resources utilization, water quality, wetland and ecology. Analysis of daily water level turn out: yearly variation of water level in the lake includes four stages—low level stage, level rising stage, backwater stage, and recession stage; water level in lake is determined by Yangtze discharge in backwater stage, and is affected by both Yangtze discharge and discharge at Hukou station in the other three stages. The operation of TGP does not change the basic feature of Lake Poyang—“lake-like with high water level and river-like with low water level”, but actually changes values of water level. Physical model experiments have been carried out to study the effect of TGP on water level in Lake Poyang, and the results indicate: TGP impoundment caused decline in water level, the average(maximal) value of decline at Duchang station is 0.94 m(2.58 m), and corresponding decline ratio of water-surface area of Lake Poyang is 68%; TGP pre-discharge caused increase in water level, the maximal value at Duchang station is about 1 m, corresponding increase ratio of water-surface area is 32%; the operation of TGP in dry season affects little on water level in Lake Poyang.

Keywords: River-lake relationship; Lake Poyang; water level; Three Gorges Project; ecology; wetland

鄱阳湖是吞吐型、季节性淡水湖泊, 是国家重点湿地保护地, 已列入联合国“国际重要湿地名录”, 是国际六大湿地之一, 具有防洪、调节气候、涵养水源、净化水质和维持生物多样性等功能. 鄱阳湖、长江和江西“五河”相互作用和影响, 江河湖关系极其复杂, 湖流主要有吞吐流和风生流, 吞吐流受江湖关系控制呈顺畅型、倒灌型和顶托型分布^[1]. 五河流域降水充沛, 年内分配不均, 最大径流出现在 4—6 月^[2-3]. 长江洪水主要发生在 7—9 月, 因而倒灌发生时间主要集中在长江主汛期的 7—9 月, 其中 7 月下旬、8 月底至 9 月中下旬

* 国家自然科学基金项目(51369011)资助. 2013-08-28 收稿; 2013-12-01 收修改稿. 邬年华(1965~), 男, 高级工程师; E-mail: 70958090@qq.com.

** 通信作者; E-mail: youluo@whu.edu.cn.

是江水倒灌最为频繁的时间^[4]。长江和五河洪水的遭遇情况决定了鄱阳湖“单峰型”和“双峰型”洪水过程:大多数年份五河洪水与长江洪水不遭遇,湖区洪水过程为“双峰型”;当五河洪水推迟,长江洪水提前,两者遭遇,或者五河洪水很大,长江洪水很小,则出现“单峰型”^[5]。洪水过程涨水段一般由五河洪水控制,峰段与退水段由长江洪水控制,特大洪水通常出现在五河洪水与长江洪水相互遭遇的条件下,如1954、1973、1983、1995、1996、1998和1999年洪水^[6]。鄱阳湖枯水期一般为10月至次年3月,近11年鄱阳湖枯水程度显著加剧,分析认为鄱阳湖流域降水,五河、长江来水和湖盆形态变化^[7]是造成枯水位较低的重要原因^[8]。水位是湖泊重要水文因子,鄱阳湖水环境^[9-10]、湿地^[11]和生态^[12-13]等与湖区水位密切相关。三峡工程运行虽然未明显改变长江径流以及长江与鄱阳湖作用的基本特征^[14-15],但在一定程度上影响了江湖作用的季节变化和鄱阳湖流域的旱涝几率^[16]。已有成果表明三峡工程运行通过改变湖区水位对湖区局部湿地生长发育造成了一定影响^[17],因此需要开展研究探索三峡工程运行对鄱阳湖水位的影响幅度和范围。在三峡工程修建前已有学者就三峡工程对鄱阳湖水位的影响进行了预测^[18],但是根据三峡工程实际运行情况对鄱阳湖水位影响幅度和范围的研究较少。鄱阳湖湖区面积宽广,洲滩、湖湾较多,边界复杂,因此本文在对鄱阳湖实测水位资料进行分析的基础上,开展物理模型试验研究三峡运行对鄱阳湖湖区水位的影响。

1 实测资料分析

1.1 湖区水位变化阶段划分

鄱阳湖湖区水位受五河来水和长江干流的综合作用,与江湖关系密切相关。鄱阳湖流域与长江干流年来水基本同枯、同平和同丰,因而选择1986、2000和1998年作为鄱阳湖和长江枯、平和丰水年进行实测资料分析(本文水位值除特别说明外均为黄海基准值),不同典型水文年湖区水位和长江、湖口流量过程见图1。

不同典型水文年湖区水位都经历了4个阶段:低水阶段(与枯水期时间相对应)、涨水阶段(与五河汛期时间基本一致)、顶托倒灌阶段(与长江汛期时间基本一致)和退水阶段,不同水文年不同阶段持续时间和相应水位不同:枯水年低水阶段为1月初至2月底(约第30~70d);涨水阶段为3月初至6月中旬(约第71~160d);顶托倒灌阶段为6月中旬至10月下旬(约第161~280d),最高水位仅约16m;退水阶段为10月下旬至11月底(约第281~335d);12月(约第336d之后)为低水阶段。平水年相对于枯水年,涨水阶段有所提前,顶托倒灌阶段持续时间较长,最高水位与枯水年接近;丰水年五河和长江干流来水都较大,低水阶段时间较短,1月中旬至3月中旬(约第20~90d)湖口流量较大,五河涨水,水位相对较高,顶托倒灌阶段提前到5月初(约第130d),7月至9月(约第210~250d)水位近21m(图1)。

不同阶段水位特点不同:低水阶段湖区水位与湖口流量增减过程高度一致,而湖口水位与长江干流保持一致;涨水阶段湖区水位变化与湖口流量和长江干流流量增减有关,湖区水位在湖口水位较小时受湖口流量控制,在湖口水位较大时则受湖口水位影响明显;顶托倒灌阶段湖区水位与湖口水位保持一致;退水阶段长江干流流量减小,湖口水位下降,湖区水位出现落差(图1)。

1.2 不同阶段水位控制因素分析

湖口站位于鄱阳湖出口段末端,该站水位是湖区水位侵蚀基面,由长江干流而不是湖口流量决定(图2);1991—2008年湖口水位与大通流量(考虑了传播时间和涨落率修正)的相关性较好;湖口站水位与湖口流量关系数据点很散乱,即湖口水位基本由长江干流控制。

低水阶段湖区水位相对较低并有较大落差,具有河道特性,因而受湖口流量和湖口水位(侵蚀基准面)的共同影响,即受湖口流量和长江干流的共同作用。离湖口较远的棠荫站和都昌站水位主要受湖口流量控制,受长江干流影响较小,星子站水位受湖口流量和长江干流的共同作用,长江干流影响较大。从各湖区低水阶段日平均水位与湖口和大通流量的关系(图3)可以看出:棠荫站水位与湖口流量数据点密集,相关性较好,与大通流量的数据点松散且上、下半年分离,总体表现为正相关;都昌站水位与湖口流量数据点相对密集且上、下半年稍有分离,相关性良好,与大通流量也总体表现为正相关;星子站水位与湖口流量数据点较为松散且上、下半年明显分离,相关性较差,而与大通流量数据点相对于棠荫站和都昌站密集,相关性相对更强。

涨水阶段湖区水位受湖口流量和长江干流的共同作用(图1):当长江流量较大时,湖口水位将在短期内顶托湖区水位,即湖区水位由长江干流控制;当长江流量较小,入江水道段存在一定比降时,湖区水位受湖

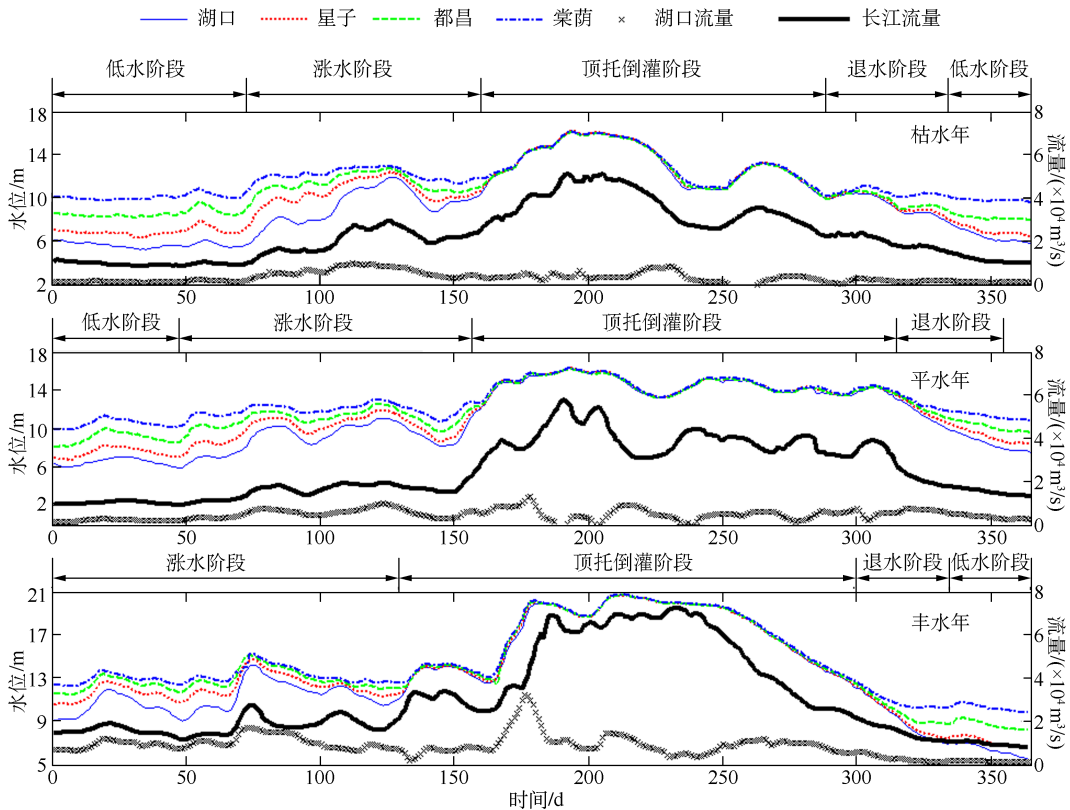


图1 鄱阳湖湖区水位年变化过程

Fig. 1 Yearly variation of water level in Lake Poyang

口流量控制. 顶托倒灌阶段湖区水位与湖口水位基本一致,受长江干流控制,汛期三峡工程调峰作用将减轻鄱阳湖的防洪和蓄洪压力. 退水阶段湖口水位顶托作用消失,湖区不同位置水位开始出现差异,表现出河道的特性,此阶段湖区水位由受长江干流控制逐渐向受湖口流量控制转变.

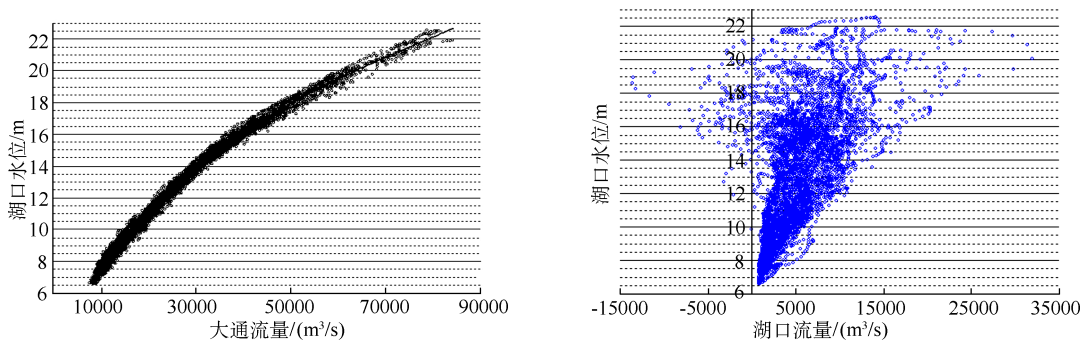


图2 1991-2008年鄱阳湖湖口水位与大通和湖口流量的关系

Fig. 2 Relationship between water levels at Hukou station and discharges at Datong, Hukou stations of Lake Poyang during 1991-2008

1.3 三峡工程运行影响分析

三峡工程运行方式为6月初腾空防洪库容,下泄流量增加;汛期6-9月,低水位运行,水库下泄流量小

于或等于入库流量;9月中旬开始蓄水1个月,下泄流量减少,少数年份这一蓄水过程延续到11月份;12月至次年4月,水库按电网要求放水,动用调节库容,出库流量大于或等于入库流量.三峡工程运行影响长江径流过程,将对鄱阳湖水位造成影响.

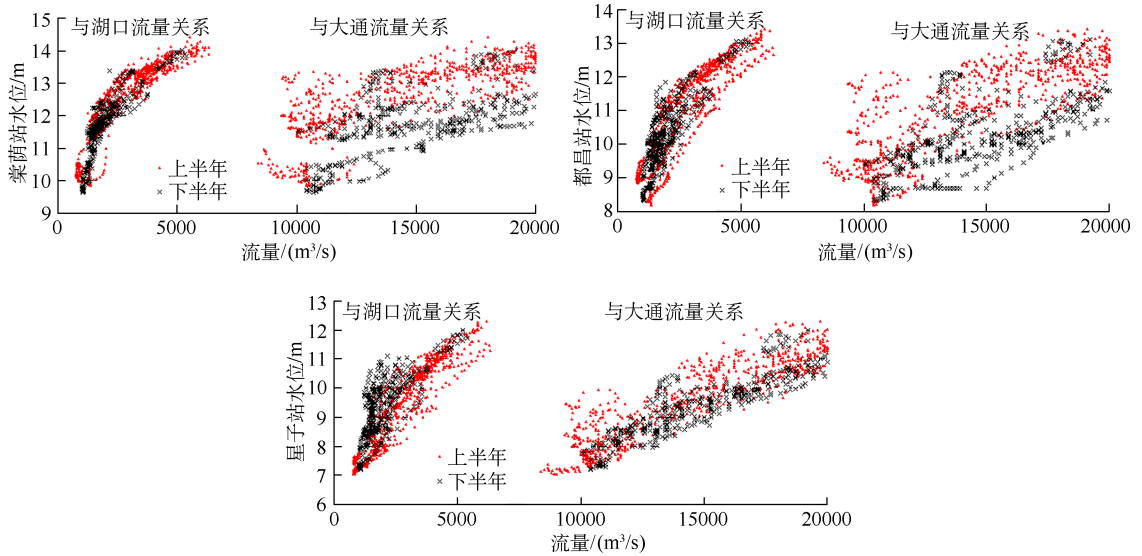


图3 低水阶段鄱阳湖水位与湖口、大通流量的关系

Fig.3 Relationships of water level and discharge at Hukou and Datong station of Lake Poyang in low level stage

从三峡工程运行前(1999—2002年)和运行后(2003—2006年)星子、都昌和棠荫站水位与湖口水位的关系(图4)可以看出,工程运行前后低水位($<13\text{ m}$)时,水位大小为棠荫站 $>$ 都昌站 $>$ 星子站 $>$ 湖口站,水位关系数据点较松散,湖区水位具有河道的特点,有一定比降;高水位($\geq 13\text{ m}$)时,鄱阳湖呈湖相,4个站点水位相差不大,因此可认为三峡工程运行后鄱阳湖水位基本特征并没有改变.工程运行后湖口水位 $5\sim 7\text{ m}$ 时星子站与湖口站水位差明显减小,星子、都昌和棠荫站水位差依然明显,这可能与三峡工程在枯水期对下游有一定补水作用,而补水作用只影响到星子站有关.

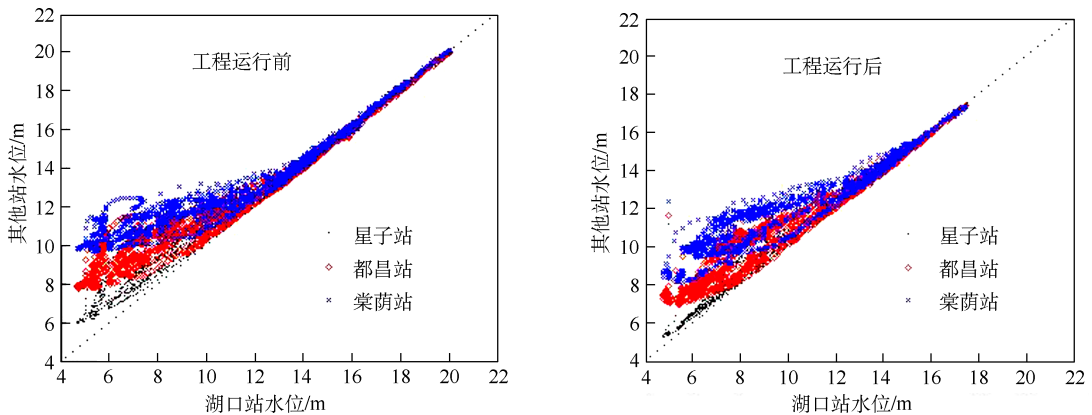


图4 鄱阳湖湖口水位与其他站点水位的比较

Fig.4 Comparison of water levels at Hukou station and those at other stations of Lake Poyang

尽管三峡工程运行没有改变鄱阳湖水位基本特征,但是低水、涨水和退水阶段湖区水位在不同程度上受长江干流影响,因而与该3个阶段对应的枯水期、增泄期和蓄水期三峡运行将对鄱阳湖水位造成不确定

年实测地形)各典型年长江至大通河段(含洞庭湖和鄱阳湖)的江湖水流演进过程;分别选择增泄期和蓄水期三峡工程运行前后长江进口平均流量、长江出口平均水位、湖口平均流量作为边界条件,反映三峡工程运行前后长江在增泄期和蓄水期水情的总体变化情况;选择增泄期和蓄水期三峡工程运行前后长江出口水位变化最大值当日长江、湖口水情作为边界条件,反映增泄期和蓄水期湖区水流运动的极端个别情况;分别找出三峡工程运行前长江出口水位最低值、长江进口流量最小值和运行后长江出口水位变化最大值当日的长江、湖口水情作为边界条件,模拟枯水期湖区水流运动情况,反映长江水情变化对鄱阳湖水位的影 响范围及幅度。

从表 1 可以看出:三峡工程运行对鄱阳湖水位的影响由湖口站到星子和都昌站逐渐减小;蓄水期三峡工程运行对鄱阳湖水位影响最大,特别是枯水年造成星子站水位平均(最大)降幅为 1.58 m(2.78 m),都昌站水位平均(最大)降幅为 0.94 m(2.58 m),丰水年湖区水位降幅相对平枯水年降幅较小,但星子站和都昌站水位最大降幅也达到 1.70 m 和 1.39 m;泄水期三峡工程运行会增加鄱阳湖水位,丰水年增幅最大,星子站和都昌站水位增幅约 1 m,平、枯水年两站水位增幅为 0.30~0.79 m;枯水期三峡工程运行对鄱阳湖水位的影响总体较小,补水作用基本只影响到星子站,这与工程运行后星子站与湖口站低水位时落差减小,而星子、都昌和棠荫站水位有明显落差的实际情况相一致。

水位影响范围与长江尾门水位变幅有关:当长江尾门水位变化幅度小于 1 m 时,尾门水位变化带来的影响随着距离不断减弱,都昌站水位基本不受影响;随着尾门水位变幅的增大,其对星子和都昌站水位带来的影响增大,当尾门水位变幅达 3.57 m 时,都昌站水位变幅达 2.58 m,即长江干流水位变化对整个湖区造成了影响。

表 1 三峡工程运行前后鄱阳湖水位差值(运行后-运行前)

Tab. 1 Variation of water level in Lake Poyang before and after operation of the Three Gorges Project

典型年	时期	工况	水位差值 $\Delta H/m$			
			都昌	星子	湖口	尾门
1986 年(枯水年)	增泄期	$\Delta H_{\max} = 0.89 \text{ m}$ (6 月 8 日)	0.30	0.60	0.83	0.89
		(5 月 25 日-6 月 10 日)	$\Delta H_{\text{avg}} = 0.35 \text{ m}$ (平均值)	0	0.10	0.35
	蓄水期	$\Delta H_{\max} = -3.57 \text{ m}$ (10 月 24 日)	-2.58	-2.78	-3.57	-3.57
		(10 月 1 日-10 月 31 日)	$\Delta H_{\text{avg}} = -2.14 \text{ m}$ (平均值)	-0.94	-1.58	-2.10
	枯水期	最低水位(2 月 5 日)	0	0.18	0.63	0.65
		(1 月 1 日-2 月 28 日)	最小流量(2 月 1 日)	0	0.17	0.55
		最大水位差(2 月 20 日)	0	0.24	0.70	0.72
2000 年(平水年)	增泄期	$\Delta H_{\max} = 1.03 \text{ m}$ (6 月 10 日)	0.63	0.79	0.94	1.03
		(5 月 25 日-6 月 10 日)	$\Delta H_{\text{avg}} = 0.85 \text{ m}$ (平均值)	0.40	0.65	0.83
	蓄水期	$\Delta H_{\max} = -2.89 \text{ m}$ (10 月 22 日)	-2.02	-2.45	-2.88	-2.89
		(10 月 1 日-10 月 31 日)	$\Delta H_{\text{avg}} = -1.56 \text{ m}$ (平均值)	-0.84	-1.15	-1.52
	枯水期	最低水位(2 月 18 日)	0	0.20	0.36	0.38
		(1 月 1 日-2 月 29 日)	最小流量(2 月 17 日)	0	0.20	0.41
		最大水位差(2 月 29 日)	0.15	0.51	0.73	0.76
1998 年(丰水年)	增泄期	$\Delta H_{\max} = 1.13 \text{ m}$ (6 月 12 日)	0.96	1.02	1.11	1.13
		(5 月 14 日-6 月 14 日)	$\Delta H_{\text{avg}} = 0.90 \text{ m}$ (平均值)	0.60	0.70	0.81
	蓄水期	$\Delta H_{\max} = -2.13 \text{ m}$ (10 月 23 日)	-1.39	-1.70	-2.11	-2.13
		(10 月 1 日-11 月 14 日)	$\Delta H_{\text{avg}} = -1.18 \text{ m}$ (平均值)	-0.58	-0.94	-1.12
	枯水期	最低水位(1 月 1 日)	0	0	-0.01	-0.01
		(1 月 1 日-2 月 29 日)	最小流量(1 月 6 日)	0	0.04	0.08
		最大水位差(2 月 21 日)	0.32	0.60	0.69	0.71

3.2 湖泊面积变化

根据湖泊 1998 年地形实测资料,建立通江水体高程-鄱阳湖面积关系曲线方程(忽略了湖面比降),结合枯平洪水年增泄期、蓄水期、枯水期三峡工程运行前后都昌站各运行期平均水位,对比分析工程运行前后鄱阳湖湖面面积变化(表 2):三峡蓄水期将造成鄱阳湖湖区水面面积损失较大,特别是枯水年,面积减小

表2 三峡工程运行前后鄱阳湖湖面面积变化
(运行后-运行前)

Tab.2 Variation of water-surface area of Lake Poyang
before and after operation of the Three Gorges Project

工况	典型年	湖面面积变化/km ²	变化比例/%
蓄水期	1986年	-218	-68
	2000年	-486	-28
	1998年	-284	-24
增泄期	1986年	0	0
	2000年	140	32
	1998年	353	26
枯水期	1986年	0	0
	2000年	0	0
	1998年	0	0

鄱阳湖汛期时间基本一致,三峡增泄可能增加湖区防洪压力;蓄水期造成湖区水位降幅较大,枯水年都昌站平均(最大)降幅为0.94 m(2.58 m),枯水文年湖区水面面积减小明显.三峡蓄水将导致鄱阳湖枯水期提前,对鄱阳湖生态湿地和水资源利用造成影响.

试验成果没有考虑三峡工程运行对河道冲刷的影响,如果考虑三峡工程运行中后期河道冲刷带来的湖口站枯水期水位下降,三峡蓄水期造成的鄱阳湖湖区水位下降的影响将进一步加大.本研究成果为正确认识三峡工程运行对鄱阳湖与长江江湖关系影响提供了科学依据,同时也为鄱阳湖区防洪安全提供了重要依据,具有良好的经济与社会效益.

5 参考文献

- [1] 熊道光. 鄱阳湖湖流特性分析与研究. 海洋与湖沼, 1991, 22(3): 201-207.
- [2] 谢冬明, 严岩, 邓红兵等. 江西省“五河”流域水文特征初步研究. 江西农业大学学报, 2009, 31(2): 364-369.
- [3] 刘健, 张奇, 许崇育等. 近50年鄱阳湖流域径流变化特征研究. 热带地理, 2009, 29(3): 213-218.
- [4] 叶许春, 李相虎, 张奇. 长江倒灌鄱阳湖的时序变化特征及其影响因素. 西南大学学报, 2012, 34(11): 1-7.
- [5] 《鄱阳湖研究》编委会. 鄱阳湖研究. 上海: 科学出版社, 1988.
- [6] 闵骞. 20世纪90年代鄱阳湖洪水特征的分析. 湖泊科学, 2002, 14(4): 323-330.
- [7] 闵骞, 时建国, 闵聃. 1956~2005年鄱阳湖入出湖悬移质泥沙特征及其变化初析. 水文, 2011, 31(1): 54-58.
- [8] 闵骞, 占腊生. 1952—2011年鄱阳湖枯水变化分析. 湖泊科学, 2012, 24(5): 675-678.
- [9] 顾平, 王金保. 鄱阳湖水文特征及其对水质的影响研究. 环境污染与防治, 2011, 33(3): 15-19.
- [10] 胡茂林, 吴志强, 刘引兰. 鄱阳湖湖口水位特性及其对水环境的影响. 水生态学杂志, 2010, 3(1): 1-6.
- [11] 张全军, 于秀波, 胡斌华. 鄱阳湖南矶湿地植物群落分布特征研究. 资源科学, 2013, 35(1): 42-49.
- [12] 刘惠英, 桂发亮. 吞吐型湖泊湿地最低生态需水研究——以鄱阳湖湿地为例. 南昌工程学院学报, 2011, 30(6): 69-72.
- [13] 熊小英, 胡细英. 人工控湖对鄱阳湖区湿地生态的影响及对策研究. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2003, 27(1): 89-93.
- [14] Xiong L, Guo S. Trend test and change-point detection for the annual discharge series of the Yangtze River at the Yichang hydrological station. *Hydrological Sciences Journal*, 2004, 49: 99-112.
- [15] Zhang Q, Chen G, Su B et al. Periodicity of sediment load and runoff in the Yangtze River Basin and possible impacts of climatic changes and human activities. *Hydrological Sciences Journal*, 2008, 53(2): 457-465.
- [16] 郭华, HU Qi, 张奇. 近50年来长江与鄱阳湖水文相互作用的变化. 地理学报, 2011, 66(5): 609-618.
- [17] 余莉, 何隆华, 张奇等. 三峡工程蓄水运行对鄱阳湖典型湿地植被的影响. 地理研究, 2011, 30(1): 134-143.
- [18] 姜加虎, 黄群. 三峡工程对鄱阳湖水位影响研究. 自然资源学报, 1997, 12(3): 219-224.

68%;三峡增泄期明显增加湖区面积,平水年和丰水年分别增加32%和26%;枯水期三峡工程运行对鄱阳湖湖面面积基本无影响.

4 结论

鄱阳湖湖口水位年内经历了低水、涨水、顶托倒灌和退水4个阶段,其中顶托倒灌阶段湖区水位受长江干流控制,低水、涨水和退水阶段湖区水位受湖口流量和长江干流的共同作用.

三峡工程运行虽然没有改变鄱阳湖“高水湖相,低水河相”的基本特征,但是对鄱阳湖湖区水位值有所影响:枯水期影响较小,补水作用基本只影响到星子站;增泄期会增加湖区水位,都昌站最大增幅约1 m,考虑到三峡增泄期与鄱