

蚌湖与鄱阳湖水量交换关系的分析

姜加虎 黄群

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

提要 根据蚌湖和鄱阳湖修水站的水位同步观测资料, 结合湖区地形, 分析蚌湖与鄱阳湖的水量交换关系, 并利用三峡工程对鄱阳湖修水、星子、都昌站水位影响的预测结果, 讨论三峡工程对蚌湖水情的影响。结果表明: (1) 丰水期蚌湖水位与鄱阳湖水位以相同涨落率变化, 呈现出高水位的一致性, 三峡工程对鄱阳湖修水站丰水期的水位预测结果, 可以用来表示丰水期三峡减泄流量对蚌湖水情的影响; (2) 枯水期蚌湖与鄱阳湖之间, 由天然堤几乎完全隔离而成为一个相对独立的湖泊, 进出湖水量很小, 水位相对稳定在 13.80m 左右, 枯水期三峡增泄流量, 一般年份不会超过蚌湖 13.80m 的天然堤漫堤水位, 因此对蚌湖水情影响较弱, 不会对越冬珍稀候鸟构成严重威胁; (3) 蚌湖相对于鄱阳湖的水位变化, 总体上无明显滞后效应, 仅当水位在 13.80~14.50m 之间时, 其水位涨落率小于鄱阳湖水位的涨落率, 表现出滞后现象, 但历时较短。

关键词 蚌湖 鄱阳湖 水量交换 三峡工程

1 蚌湖概况

蚌湖位于鄱阳湖西北部、吴城镇北面(图 1), 为鄱阳湖的一个子湖。丰水期与鄱阳湖汇成一体; 枯水期赣江、修水两河入湖三角洲前缘的天然堤将其与鄱阳湖主体隔离, 仅在其东北角有一条宽几米至十几米的河沟相贯通, 成为一相对封闭的浅水洼地。其水情动态变化特征, 符合越冬候鸟的迁徙规律, 加上湖内及其滩地上丰富的动植物资源, 为鸟类提供了理想的觅食和栖息环境。每年冬春枯水季节, 蚌湖栖息了大量的越冬候鸟, 是鄱阳湖国家级鸟类自然保护区下属 9 个重点保护湖泊之一^[1]。然而, 三峡工程的兴建是否将导致蚌湖水情的改变, 进而引发湖区水生和陆生生物分布新的演替, 并对该湖的越冬候鸟产生不利影响? 长期以来, 该问题一直受到广泛关注^[2,3]。因此, 研究蚌湖与鄱阳湖的水量交换关系, 正确评估三峡工程对蚌湖水情的影响具有重要意义。

2 蚌湖与鄱阳湖水位关系

为研究蚌湖与鄱阳湖水量交换关系, 1993 年至 1994 年在蚌湖吴城镇附近湖区设立了临时水位观测站(图 1), 重点观测其涨水和退水过程。每日 8:00 和 17:30 各观测一次, 同

· 国家“八五”攻关项目(85-16-06-03 专题)资助。

收稿日期:1995-10-10;接收日期:1995-12-04。

作者简介:姜加虎,男,1962年生,工程师。1991年于中国科学院南京地理与湖泊研究所获硕士学位。主要从事物理湖泊学和水文气象学的研究工作,发表论文近 10 篇。

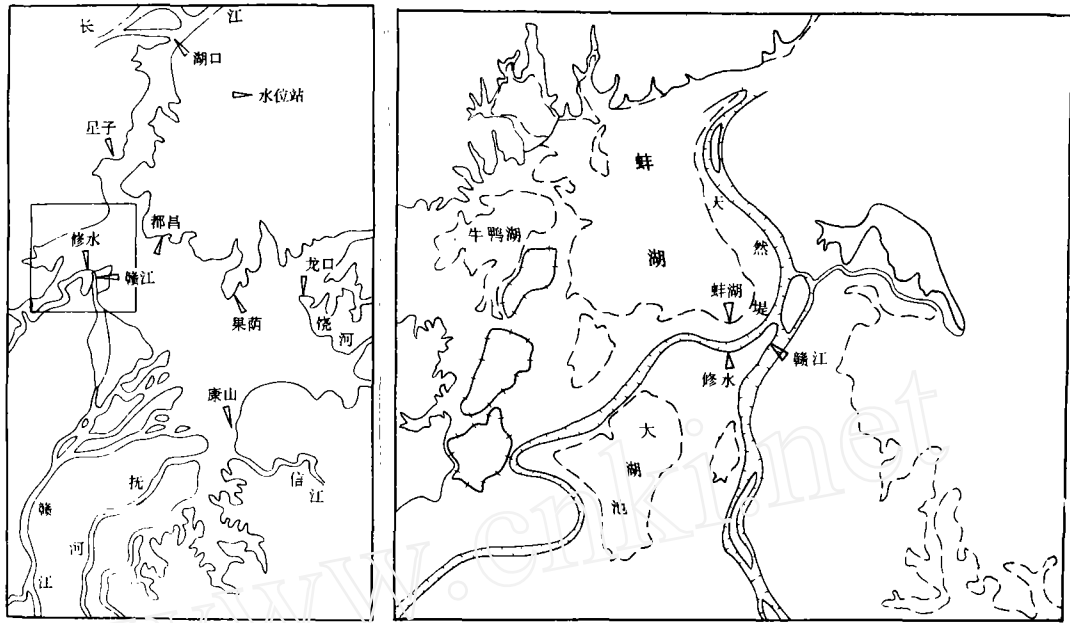


图 1 蚌湖、鄱阳湖形态及水位测站位置图

Fig. 1 Sketch map of shape and water level station sites of Banghu Lake and Poyang Lake

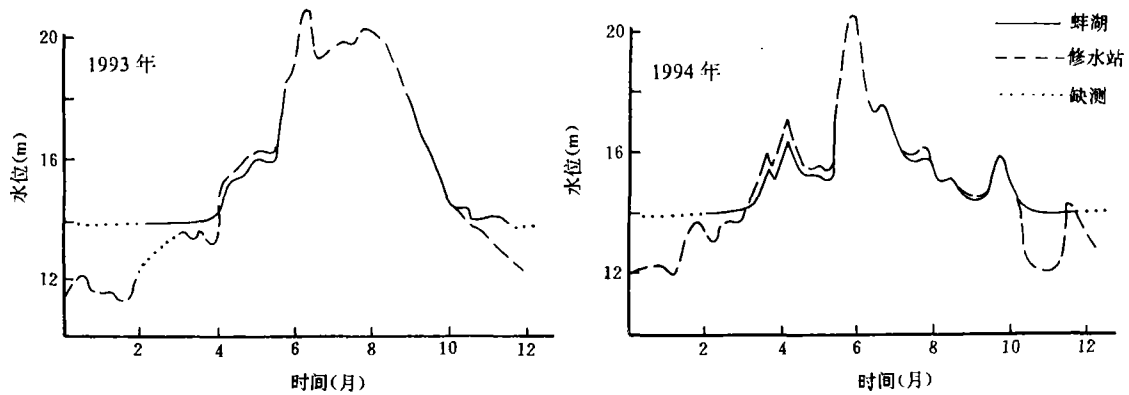


图 2 1993 年(a)和 1994 年(b)蚌湖与修水站水位过程

Fig. 2 Water level courses of Banghu and Xiushui hydrologic stations in 1993(a) and 1994(b)

时搜集鄱阳湖吴城修水站(国家水位站)的同步水位资料,结果见图 2。星子、都昌、修水、赣江、棠荫、龙口和康山站 1982 年至 1986 年水位资料分析表明:修水站的水位变化与上述 7 站平均水位变化过程,几乎完全一致(图 3),而且修水站水位历时过程介于星子、都昌站与棠荫、龙口和康山站水位历时过程之间,并与赣江站水位历时过程接近。因此,以修水站水位过程作为鄱阳湖水位过程,分析它与蚌湖水位过程之间的关系,进而研究蚌湖与鄱阳湖水量交换关系具有良好的代表性。下面根据蚌湖和修水站水位同步观测资料,分析蚌湖和鄱阳湖

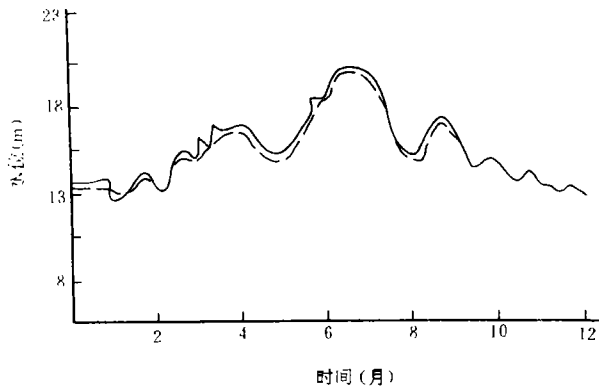


图3 1986年鄱阳湖7站平均水位(实线)与修水站水位(虚线)过程

Fig. 3 The courses of seven-station mean water level (black line) of Poyang Lake and Xiushui station water level (dash line) in 1986

阳湖均进入退水时期。在退水过程中,蚌湖和修水站水位几乎完全保持一致,仅当水位从14.50m退至13.80m时,出现修水站水位回落速度大于蚌湖水位回落速度的现象。

3 滞后效应与水量交换分析

3.1 地形特征

蚌湖与鄱阳湖水位关系分析结果表明,从总体上看蚌湖相对于鄱阳湖其水位变化无明显滞后效应,仅当水位在13.80~14.50m之间时,蚌湖水位的涨落率小于鄱阳湖水位的涨落率,从而表现出滞后现象。但这种情况历时较短,一般只有几天时间。

事实上,当鄱阳湖修水站水位低于13.80m左右时,蚌湖与鄱阳湖之间几乎由天然堤完全隔离,连接两湖的小河沟过水能力很低、水量交换微弱,蚌湖处于相对封闭状态。由于天然堤堤顶高程在14.50m以下的范围较广,当水位超过14.50m以后,鄱阳湖湖水漫堤,两湖迅速成为一体,从而水位以相同速率升降。可见,天然堤的地形决定了蚌湖与鄱阳湖之间的水量交换关系,特别是在高程13.80~14.50m之间,天然堤水下范围随鄱阳湖水位上升迅速扩张,反映在两湖水位关系上,表现出蚌湖相对于鄱阳湖水位的短暂滞后效应,即蚌湖水位涨落率小于鄱阳湖水位的涨落率。

3.2 修水站水位高于蚌湖水位的原由

涨水时期修水站水位高于蚌湖水位的现象,并不表示蚌湖水位相对于鄱阳湖具有滞后效应。这是由于鄱阳湖水面上下游之间存在水位落差造成的。

每年4~6月是鄱阳湖的早汛时期,湖水主要依赖于鄱阳湖自身流域的五河补给,湖泊上下游水位落差较大、水面倾斜度较高;7~9月是长江大汛时期,五河汛期已过,湖面受长江高水位顶托和倒灌影响,比降较小、倾斜度低;9月以后长江和五河均无大汛,鄱阳湖和长江均进入退水时期,此时水面比降介于上述两者之间^[4~6]。由于湖区天然堤堤顶高程顺修水自南往北下降,则涨水时位于蚌湖东北隅区域的天然堤首先被淹没;退水时蚌湖与鄱阳湖水

的水位关系。结果显示:

(1) 水位在13.50~13.85m之间时,蚌湖水位比较稳定无较大的升降变化,维持时期大约在每年12月至翌年3月;

(2) 4月当修水站水位高于13.80m左右时,蚌湖水位开始起涨。涨水过程中,修水站水位始终高于蚌湖水位,其差值为0.30~1.00m,并且在水位13.80~14.50m的涨水时期,修水站水位上涨速度大于蚌湖水位上涨速度。当水位超过14.50m之后,蚌湖水位和修水站水位则以相同速率涨落,这种情况可维持到5月,之后两者水位便趋势于一致;

(3) 8月以后,从总体上看蚌湖和鄱

量交换,则在吴城修水位站附近湖区被先行隔断。因此,当修水站水位大于 14.50m 时的涨水时期,由于鄱阳湖上下游水位落差较大,从而导致出现蚌湖水位低于修水站水位,但它们的涨水率有相同的现象。1982 年至 1986 年鄱阳湖星子、都昌、修水站水位资料的分析结果,的确阐明了上述结论的正确性。若令 $h_i (i=1,2,3)$ 分别表示星子、都昌和修水站水位,则修水站水位与星子、都昌站平均水位差 y 为:

$$y = h_3 - \frac{1}{2}(h_1 + h_2) \quad (1)$$

y 的计算结果由图 4 和表 1 所示。

由于枯水期(12月~翌年3月)蚌湖与鄱阳湖基本隔离而处于相对封闭状态;丰水期(7~8月)蚌湖与鄱阳湖已完全成为一体,因此只需讨论涨、退水情况。从表 1 可见,不论是涨水还是退水时期,修水站水位均高于星子、都昌站平均水位。多年平均水位落差 4、5 和 6 月分别为 122cm、96cm 和 68cm;9、10 和 11 月分别为 52cm、54cm 和 85cm。4~6 月与 9~11 月多年平均水位落差的平均值分别为 95cm 和 64cm,涨水比退水大 31cm,这就充分说明了前述有关结论。

表 1 1982~1986 年修水站水位与星子、都昌站平均水位差 y (cm) 历年月平均值

Tab. 1 Monthly mean value (y) in year distribution of the difference between water level of Xiushui station and mean water level of Xingzi and Duchang stations in 1982-1986

| 年份 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| 1982 | 223 | 182 | 124 | 130 | 126 | 82 | 48 | 47 | 48 | 52 | 63 | 93 |
| 1983 | 146 | 145 | 142 | 116 | 65 | 53 | 47 | 48 | 48 | 48 | 55 | 172 |
| 1984 | 232 | 163 | 192 | 112 | 93 | 54 | 46 | 50 | 54 | 51 | 112 | 167 |
| 1985 | 199 | 181 | 113 | 118 | 91 | 63 | 51 | 54 | 52 | 57 | 92 | 157 |
| 1986 | 256 | 207 | 187 | 134 | 104 | 89 | 48 | 54 | 57 | 61 | 103 | 197 |
| 平均 | 211 | 176 | 152 | 122 | 96 | 68 | 48 | 51 | 52 | 54 | 85 | 157 |

3.3 水位关系

图 2 直观地显示,退水时期蚌湖和鄱阳湖水位几乎同步下降,故以下仅对涨水情况进行分析。令 p 、 x 分别表示蚌湖和修水站水位(cm); t 表示时间(d)。则根据蚌湖和修水站 1993 和 1994 年同步水位观测资料,可建立 $\frac{\partial x}{\partial t}$ 与 $\frac{\partial p}{\partial t}$ 、 x 与 $\frac{\partial p}{\partial t}$ 的相关关系。应用最小二乘原理拟合相关点据,得回归方程如下:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = a_1 + b_1 \frac{\partial x}{\partial t} + c_1 \left(\frac{\partial x}{\partial t}\right)^2 + d_1 \left(\frac{\partial x}{\partial t}\right)^3 \quad (2)$$

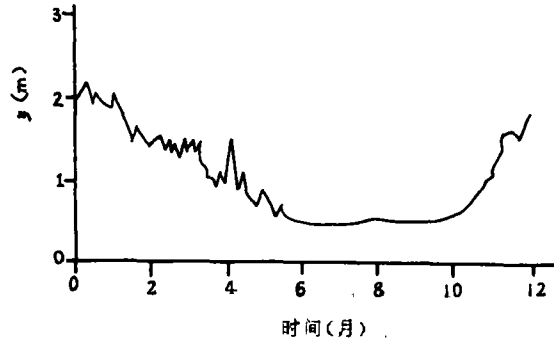


图 4 1982~1985 年修水站水位与星子、都昌站平均水位差 y 多年平均值

Fig. 4 Year-to-year mean value of the difference (y) between water level of Xiushui station and mean water level of Xingzi and Duchang stations in 1982-1985

其中系数为:

$$(a_1, b_1, c_1, d_1) = (7.149, -1.648 \times 10^{-1}, 3.758 \times 10^{-2}, 3.028 \times 10^{-4})$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} = a_2 + b_2 x + c_2 x^2 + d_2 x^3 \quad (3)$$

其中系数:

$$\begin{pmatrix} a_2 \\ b_2 \\ c_2 \\ d_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -508.432 \\ 1.07754 \\ -7.75661 \times 10^{-4} \\ 1.92246 \times 10^{-7} \end{pmatrix}$$

为讨论 $\frac{\partial p}{\partial t}$ 的有关特征, 取 $x_i = \frac{\partial x}{\partial t}$, 并将(2)、(3)式分别对 x_i, x 取一次导数得:

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\partial p}{\partial t} \right) = b_1 + 2c_1 x_i + 3d_1 x_i^2 \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial p}{\partial t} \right) = b_2 + 2c_2 x + 3d_2 x^2 \quad (5)$$

令 $\Delta_i = 4c_i^2 + 12b_i d_i (i=1, 2)$, 将 c_i, b_i 和 $d_i (i=1, 2)$ 代入则:

$$\begin{pmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -3.42 \times 10^{-4} \\ -7.92 \times 10^{-8} \end{pmatrix} \quad (6)$$

显然 $\Delta_i < 0 (i=1, 2)$, 因 $d_i > 0 (i=1, 2)$, 说明 $\frac{\partial p}{\partial t}$ 随 x 或 x_i 的增加作单调增加变化。换言之, 修水站高、低水位分别对应蚌湖高、低涨水率; 修水站水位高低涨水率分别对应蚌湖水位高、低上涨率。若将(4)式对 x_i 再求一次导数得:

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left[\frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\partial p}{\partial t} \right) \right] = 2c_1 + 6d_1 x_i \quad (7)$$

可见 $\frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\partial p}{\partial t} \right)$ 对于 x_i 是呈线性关系, 由于 $d_1 > 0$, 表明 $\frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\partial p}{\partial t} \right)$ 对 x_i 是单调上升的。结合上述修水站低水位对应蚌湖低涨水率的结果, 说明鄱阳湖水位愈低, 蚌湖的涨水相对于鄱阳湖的涨水同步性愈差, 而表现出弱滞后效应; 水位愈高, 蚌湖的涨水相对于鄱阳湖涨水的同步性愈好, 滞后效应不明显甚至无滞后效应。最后, (2)和(3)式的适用范围为 $14.0 \leq x \leq 19.0$, $0 \leq \frac{\partial x}{\partial t} \leq 46.0$, $0 \leq \frac{\partial p}{\partial t} \leq 61.0$ 。

4 三峡工程对蚌湖水情的影响

前述蚌湖与鄱阳湖水量交换关系分析结果表明:

(1) 丰水期。蚌湖水位与修水站水位以同步涨落变化, 呈现出高水位的一致性, 因此三峡工程对鄱阳湖修水站丰水期的水位预测结果, 可以用来表示丰水期由于三峡减泄流量对蚌湖水情的影响;

(2) 枯水期。据研究^①, 三峡增泄 $6000 \text{ m}^3/\text{s}$ 时, 鄱阳湖的星子、都昌和修水站水位将分别上升 0.96 m 、 0.78 m 和 0.63 m , 它们的平均值为 0.79 m 。但每年枯水期 12 月至翌年 3 月, 蚌

① 姜加虎、黄群。三峡工程对鄱阳湖水位影响研究(待发表)。

湖水位一般在 13.80m 左右,而此时鄱阳湖水位,据 1982~1986 年鄱阳湖星子、都昌和修水站水位资料统计,12 月至翌年 3 月的月平均水位三站多年平均值(表 2)分别为 11.12m、10.43m、11.29m 和 12.76m。若将其分别加上 0.79m,则 12、1、2 和 3 月分别为 11.91m、11.22m、12.08m 和 13.55m,它们均未超过 13.80m 的漫堤水位。因此,由于天然堤的阻隔,枯水期三峡增泄 $6000\text{m}^3/\text{s}$ 流量时,一般年份不会对蚌湖水情产生影响,但对于某特定时段鄱阳湖水位较高时,则将产生不同程度的影响,如 1985 年 3 月星子、都昌和修水站月平均水位为 14.30m,已超过了天然堤漫堤水位,若此时三峡增泄 $6000\text{m}^3/\text{s}$ 流量,则会导致蚌湖水位升高约 0.79m。事实上这里讨论的是一种极端情况,根据三峡大坝 180m 设计方案,防洪库容为 $249 \times 10^9\text{m}^3$,假定在枯水期每年 12 月至翌年 3 月,4 个月 120 天内将其全部泄空的话,则枯水期三峡平均增泄流量只有 $2400\text{m}^3/\text{s}$ 。因此,在未来三峡水库实际运行中,枯水期由于三峡增泄流量而造成对蚌湖水情的影响将更小。

表 2 鄱阳湖星子、都昌和修水站 1982~1986 年 12 月至翌年 3 月平均水位 单位:m

Tab. 2 Statistics on the monthly mean water level of Xingzi, Duchang and Xiushui stations in Dec., Jan., Feb. and Mar. of 1982—1986

| 年份 | 星子 | | | | 都昌 | | | | 修水 | | | | 平均 | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 |
| 1982 | 12.72 | 8.68 | 10.65 | 12.56 | 12.91 | 10.19 | 11.92 | 13.25 | 13.74 | 11.59 | 13.07 | 14.11 | 13.12 | 10.15 | 11.88 | 13.31 |
| 1983 | 9.96 | 10.37 | 10.97 | 13.34 | 10.55 | 11.63 | 12.23 | 13.91 | 11.94 | 12.41 | 12.99 | 14.98 | 10.80 | 11.47 | 12.06 | 14.08 |
| 1984 | 9.86 | 8.87 | 9.17 | 9.43 | 10.73 | 10.12 | 10.91 | 11.04 | 11.96 | 11.76 | 11.66 | 12.10 | 10.85 | 10.25 | 10.58 | 10.71 |
| 1985 | 9.75 | 9.16 | 10.40 | 13.69 | 10.85 | 10.56 | 11.72 | 14.17 | 11.87 | 11.79 | 12.82 | 15.03 | 10.82 | 10.50 | 11.65 | 14.30 |
| 1986 | 8.84 | 8.66 | 8.80 | 10.11 | 9.89 | 10.09 | 10.45 | 11.52 | 11.34 | 11.87 | 11.63 | 12.64 | 10.02 | 9.79 | 10.29 | 11.42 |
| 平均 | 10.22 | 9.14 | 10.00 | 11.83 | 10.99 | 10.52 | 11.45 | 12.78 | 12.17 | 11.88 | 12.43 | 13.77 | 11.12 | 10.43 | 11.29 | 12.76 |

5 结语

枯水期蚌湖与鄱阳湖之间,由天然堤几乎完全隔离而成为一个相对独立的湖泊,进出湖水量很小,水位相对稳定在 13.80m 左右。三峡工程枯水期增加下泄流量对蚌湖水情影响总体上较弱,不会对蚌湖的越冬珍稀候鸟构成严重威胁,因此无需采取特别保护措施。但是,丰水期三峡减少下泄流量,特别是 10 月份左右减少下泄流量,将会造成蚌湖水位明显下降,从而导致湖泊滩地提前显露,并引发生物和陆生植物带的演替,进而影响鸟类觅食、栖息应引起足够重视^[6]。

致谢 胡春华在野外水位观测中付出了辛勤劳动,并提供水位观测资料,朱海虹研究员给予了热情指导和支持,张辉玉清绘了插图,特此致谢。

参 考 文 献

- 1 濮培民,蔡述明,朱海虹等著. 三峡工程与长江中游湖泊洼地环境. 北京:科学出版社,1994
- 2 王云飞. 三峡工程对鄱阳湖冲淤的影响和预测. 湖泊科学,1994,6(2):124~130
- 3 朱海虹等. 三峡工程对鄱阳湖湖泊功能及生态环境的影响预测研究. 见:长江三峡工程对生态环境影响及其对策研究论文集. 北京:科学出版社,1987. 318~332
- 4 朱海虹等. 鄱阳湖的成因、演变及其三角洲沉积. 中国科学院南京地理研究所集刊,第1号. 北京:科学出版社,1983. 28~29
- 5 朱海虹. 鄱阳湖候鸟越冬地生态环境及三峡工程对其影响的预测. 湖泊科学,1989,1(1):52~61
- 6 闵 騫,汪泽培. 鄱阳湖近 600 年洪水规律的分析. 湖泊科学,1994,6(4):375~384

ANALYSIS ON RELATIONSHIP OF WATER EXCHANGE BETWEEN BANGHU LAKE AND POYANG LAKE

Jiang Jiahu Huang Qun

(*Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008*)

Abstract

According to observed data at Banghu and Xiushui hydrologic stations, this paper in combination with topography of the lake region analyzes water exchange between Banghu Lake and Poyang Lake. On the basis of the prediction results of impacts of the Three-Gorges Project on water level at Xiushui, Xingzi and Duchang hydrologic stations in Poyang Lake, the authors analyzes the impacts of the Three-Gorges Project on water regime of Banghu Lake in detail.

Key Words Banghu Lake, Poyang Lake, water exchange, the Three-Gorges Project