

# 肇庆星湖水文环境分析\*

李耀初<sup>1)</sup> 李适宇<sup>1)</sup> 周劲风<sup>2)</sup> 贾艳双<sup>1)</sup>

(1) 中山大学环境科学研究所, 广州 510275; 2) 中山大学环境科学系)

**摘要** 通过对星湖水系、水位以及水量平衡的分析, 获得了星湖水文环境特征, 为星湖水资源的合理开发利用, 为控制、调节经济发展与湖泊水系统的关系提供了依据.

**关键词** 星湖, 水系, 水位, 水量平衡

**分类号** P 343. 3

七星岩风景区是我国第 1 批国家级重点风景名胜之一, 以峰岩、湖泊、岩溶地貌和南亚热带常绿季雨林为其主要特色. 近年来, 随着肇庆旅游业的蓬勃发展, 风景区的环境受到了一定的影响. 素有“西湖之水”美誉的星湖, 更是首当其冲地遭受了污染. 为了保护这颗南粤明珠, 星湖风景名胜区的综合整治, 已列入广东省“九五”重大环保工程计划. 本文拟从星湖水文环境角度出发, 研究星湖水体运动变化规律, 为星湖水资源的合理开发利用, 为控制、调节经济发展与湖泊水系统的关系提供依据.

## 1 湖泊概况

星湖地处肇庆市北郊的七星岩风景区内, 位于东经  $112^{\circ}23'$ 、北纬  $23^{\circ}6'$  附近. 星湖北依北岭山, 南临西江河, 远古时代原是古河道, 后演变成沼泽, 再经人为不断加工造型而成 5 个湖泊, 即中心湖、仙女湖、波海湖、青莲湖和里湖<sup>[1]</sup> (图 1).

5 个湖泊均为人工调节水位的封闭型湖泊, 湖水主要来源是湖面降水和北岭山汇集的降水, 集雨面积约  $32.5 \text{ km}^2$ . 雨水较多时可由闸门排水入西江, 旱季

原则上靠蓄水保持水位. 除里湖外, 其余 4 个湖水面是相互连通的. 里湖水位低于其它湖, 水位过高时, 由岩小馆前闸门排水, 水位过低时, 由中心湖灌入新鲜水.

湖泊的常年水位为 5 m, 最高水位 6 m, 死水位 3.6 m 以下; 湖面设计总面积为  $6.49 \text{ km}^2$ ; 正常水位水面总面积为  $6.24 \text{ km}^2$ , 蓄水量为  $1.074 \times 10^7 \text{ m}^3$ . 各湖泊的主要形态参数见表 1.

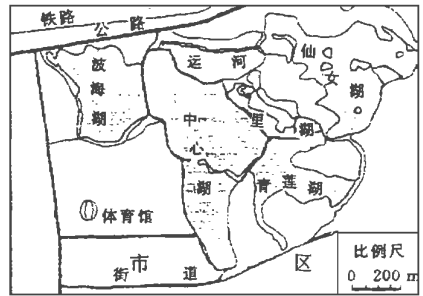


图 1 星湖位置图

\* 广东省高校重点学科重点科研资助项目

收稿日期: 1998-07-10 李耀初, 男, 32岁, 讲师

表 1 各湖泊形态参数

名称	面积 / km <sup>2</sup>	设计最大 深度 /m	最大深度 水量 /10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	设计最小 深度 /m	最小深度 水量 /10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>	实测深度 /m	实测深度 水量 /10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>
仙女湖	1.42 (1.48) <sup>1)</sup>	6	852	3	426	2.2	312.4
波海湖	1.28 (1.33)	6	768	3	384	2.4	307.2
中心湖	2.12 (2.20)	6	1 272	3	636	2.6	551.2
青莲湖	1.16 (1.21)	6	696	3	348	2.1	243.6
里湖	0.26 (0.27)					1.3	33.8

1) 括号内数据为设计面积(表 2 也相同)

星湖地处低纬度地带, 具有亚热带季候风区的气候特征. 年平均气温 22℃, 年平均日照 1 816 h, 年平均相对湿度 80%, 年平均降水量 1 655.6 mm, 每年 4~9 月为雨季, 占全年降水量的 81.8%; 平均风速 1.3 m/s, 平均静风频率 35.7%, 冬季以北风为主, 春秋季节以东风为主, 夏季以东至东北风为主.

星湖所在的七星岩风景区, 是广东省著名风景游览胜地之一, 是肇庆市发展第三产业的龙头, 具有治涝、灌溉、养殖和风景游览等多项功能. 到 1993 年底, 湖区范围内从事商业、旅游服务、渔业生产和风景园林管理的基层单位有 13 家, 共有职工 1 865 人; 驻景区的外单位和周围农村常住人口约有 6 350 人.

## 2 湖泊水系

星湖水源主要是湖面降水和北岭山汇集的降水. 北岭山 32.5 km<sup>2</sup> 范围内汇集的雨水主要由 2 条排洪渠排入湖泊, 其中约 45% 的雨水径流流入波海湖, 另外约 55% 的雨水径流入仙女湖. 由于波海湖、中心湖、青莲湖和仙女湖 4 个大湖是连通的, 水可以自由流动. 因此, 进入波海湖和仙女湖的降雨径流使该湖水位升高后, 会自然流向中心湖和青莲湖, 以保持四湖水位相同. 而里湖不与 4 大湖相连, 自成一体, 水位较低, 水量靠中心湖补充. 排出星湖的水有 3 条途径: ① 当水位过高时, 通过青莲湖的闸门向西江排水; ② 农田灌溉用水, 通过仙女湖的闸门排出; ③ 里湖换水, 将受污染的里湖水经暗渠排到西江, 再补充较清洁的中心湖水. 星湖湖水补给、支出以及各湖泊间水流流向见图 2.

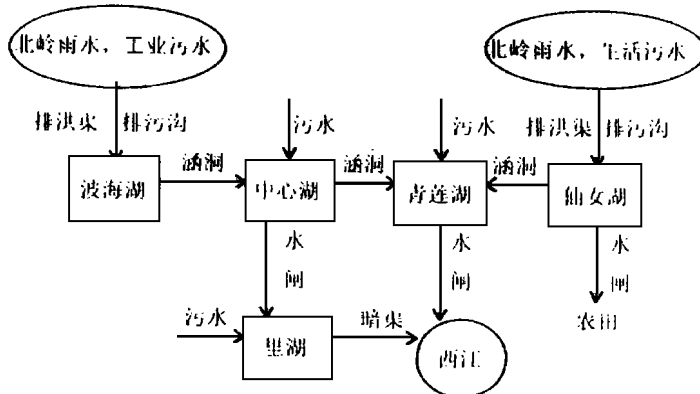


图 2 星湖水系概化图

### 3 湖泊水位

星湖是人工调节水位的封闭型湖泊, 其水位主要受人工调节以及降雨的影响. 由于人工调节的影响, 星湖水位常年变幅不大; 由于降雨的影响, 星湖水位又呈现出与降雨量一定的相关性. 图 3 是星湖 1986~ 1997 年的年均水位与年降雨量变化情况. 从图 3 可以看出, 星湖水位变幅不大, 最高为 5.195 m, 最低为 4.378 m, 变幅仅为多年平均水位 (5 m) 的 16.3%. 另外, 星湖水位与降雨量又呈现一定的正相关, 经相关检验, 二者的相关系数是 0.9. 图 4 是星湖 1986~ 1997 年的月均水位与月降雨量变化情况. 从图 4 可见, 月平均水位变幅也不大, 最高月 8 月为 5.152 m, 最低月 4 月为 4.510 m, 二者相差 0.642 m. 但从降雨量的角度来看, 月均水位最低月似乎不应该发生在 4 月, 而应在 12 月. 这正是人工调节的结果, 在人工调节下一般从 5 月份开始上涨, 8 月份达到最高, 翌年 4 月最低. 这是因为在雨季来临之前, 为了防洪的需要而预先把湖水排入西江, 故 4、5 月份水位较低, 到了 7、8 月份, 受降雨的影响, 湖泊水位上涨, 之后, 由于雨水减少, 湖泊水位又缓缓回落. 由此可见, 星湖水位由于受到人工调节, 年内和年际变化都不大; 但降雨的影响使得星湖水

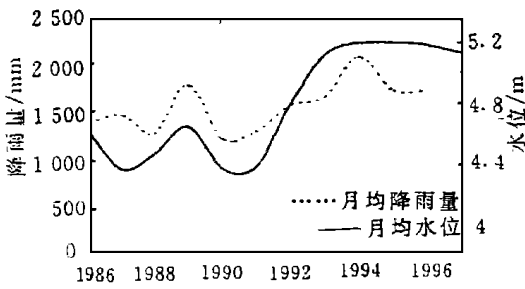


图 3 星湖年平均降雨量与年均湖泊水位

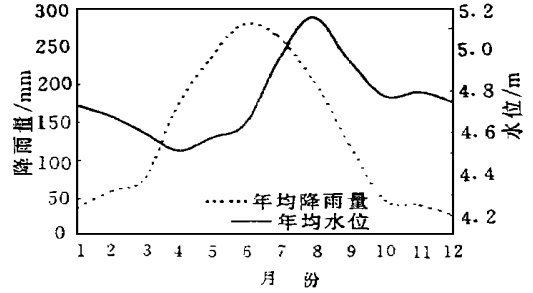


图 4 星湖月均降雨量与月均水位

位与降雨量呈现一定的正相关, 并且呈现年内有规律地涨落.

### 4 水量平衡

#### 4.1 星湖总体水量平衡

根据水量平衡的原理, 星湖的总体水量平衡关系为:

$$(Q_{入} - Q_{出})\Delta t = \Delta V$$

式中,  $Q_{入}$  是星湖入湖水量;  $Q_{出}$  是星湖出湖水量;  $Q_{入} = Q_{径} + Q_{污} + x$ ;

$Q_{出} = Q_{排} + z + Q_{灌}$ ;  $Q_{径}$  是汇入星湖的北岭降雨径流量;  $Q_{污}$  是汇入星湖的污水量;

$x$  是湖面降雨量;  $Q_{排}$  是从星湖排入西江的水量;  $z$  是湖面蒸发量;  $Q_{灌}$  是农田灌溉用水量;  $\Delta V$  是一定时期内星湖蓄水量变化量;  $\Delta t$  是时间变化量.

取  $\Delta t = 3.1536 \times 10^7$  s, 对上式各项求年平均值, 单位为  $m^3/s$ .

(1)  $Q_{径}$  星湖集雨面积为  $32.5 \text{ km}^2$ , 年平均降水为  $1655.6 \text{ mm}$ , 根据集雨区域下垫面特征, 径流系数取  $0.28^{[2]}$ , 则  $Q_{径} = 0.478 \text{ m}^3/s$ .

(2)  $Q_{污}$  据 1993 年污染源调查结果, 入湖的污水总量为  $9.647 \times 10^5 \text{ m}^3/a$ , 则  $Q_{污} = 0.0306 \text{ m}^3/s$ .

(3)  $x$  星湖设计湖面面积为  $6.49 \text{ km}^2$ , 则  $x = 0.341 \text{ m}^2/\text{s}$ .

(4)  $z$  据《中国气象月报》高要站 1988~1990 年的资料, 3 年平均蒸发量为降雨量的 91.14%, 据此推算出星湖多年平均蒸发量为  $1508.9 \text{ mm}$ . 则  $z = 0.311 \text{ m}^3/\text{s}$ .

(5)  $Q_{\text{灌}}$  据有关资料, 星湖年灌溉用水量为  $3.0 \times 10^5 \text{ m}^3$ , 则  $Q_{\text{灌}} = 0.0095 \text{ m}^3/\text{s}$ .

(6)  $\Delta V$  星湖年平均蓄水量变化可以认为是零,  $\Delta V = 0$ .

(7)  $Q_{\text{非}}$  根据平衡方程式,  $Q_{\text{非}} = (Q_{\text{蒸}} + Q_{\text{污}} + x) - (z + Q_{\text{灌}}) = 0.5291 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### 4.2 各湖泊水量平衡

各湖泊的水量平衡方程同总体水量平衡方程的表达式是一样的. 各湖间水流流动方向见图 2. 各湖间水量交换量讨论如下:

(1) 波海湖 每年入湖径流量为  $6.779682 \text{ Mm}^3$  ( $32.5 \text{ km}^2$  集雨面积的 45%), 湖面降雨  $2.201948 \text{ Mm}^3$ , 接纳污水  $0.1439 \text{ Mm}^3$ ; 出湖径流量为  $7.118693 \text{ Mm}^3$  (流入中心湖), 湖面蒸发  $2.006837 \text{ Mm}^3$ .

(2) 中心湖 每年入湖径流量为  $7.118693 \text{ Mm}^3$  (来自波海湖), 湖面降雨  $3.64232 \text{ Mm}^3$ , 接纳污水  $0.3208 \text{ Mm}^3$ ; 出湖径流量为  $7.762233 \text{ Mm}^3$  (其中  $0.676 \text{ Mm}^3$  流入里湖,  $7.086233 \text{ Mm}^3$  流入青莲湖), 湖面蒸发  $3.31958 \text{ Mm}^3$ .

(3) 仙女湖 每年入湖径流量为  $8.286278 \text{ Mm}^3$  ( $32.5 \text{ km}^2$  集雨面积的 55%), 湖面降雨  $2.450288 \text{ Mm}^3$ , 接纳污水  $0.1807 \text{ Mm}^3$ ; 出湖径流量为  $8.384094 \text{ Mm}^3$  (流入青莲湖), 湖面蒸发  $2.233172 \text{ Mm}^3$ , 农业灌溉用水量  $0.3 \text{ Mm}^3$ .

(4) 青莲湖 每年入湖径流量为  $15.470327 \text{ Mm}^3$  (来自中心湖与仙女湖), 湖面降雨  $2.003276 \text{ Mm}^3$ , 接纳污水  $0.0723 \text{ Mm}^3$ ; 出湖径流量为  $15.720134 \text{ Mm}^3$  (排入西江), 湖面蒸发  $1.825769 \text{ Mm}^3$ .

(5) 里湖 每年入湖径流量为  $0.676 \text{ Mm}^3$  (来自中心湖), 湖面降雨  $0.447012 \text{ Mm}^3$ , 接纳污水  $0.247 \text{ Mm}^3$ ; 出湖径流量为  $0.962609 \text{ Mm}^3$  (排入西江), 湖面蒸发  $0.407403 \text{ Mm}^3$ .

星湖及各湖泊的水量平衡情况见表 2.

表 2 星湖水量平衡表<sup>1)</sup>

湖泊	基本参数			年水量收入 / $\text{Mm}^3$			年水量支出 / $\text{Mm}^3$				交换系数 (出湖流 / 体积)	
	面积 / $\text{km}^2$	平均深度 / $\text{m}$	体积 / $\text{Mm}^3$	污水	湖面降雨	入湖径流	合计	蒸发	灌溉	出湖径流		合计
仙女湖 (1.48)	1.42	2.2	3.124	0.1807	2.450288	8.286278	10.917266	2.233172	0.3	8.384094	10.917266	2.78
波海湖 (1.33)	1.28	2.4	3.072	0.1439	2.201948	6.779682	9.125530	2.006837		7.118693	9.125530	2.32
中心湖 (2.20)	2.12	2.6	5.512	0.3208	3.642320	7.118693	11.081813	3.319580		7.762233	11.081813	1.41
青莲湖 (1.21)	1.16	2.1	2.436	0.0723	2.003276	15.470327	17.545903	1.825769		15.720134	17.545903	6.45
里湖 (0.27)	0.26	1.3	0.338	0.247	0.447012	0.676000	1.370012	0.407403		0.962609	1.370012	2.85
星湖 (6.49)	6.24	2.32	14.482	0.964	710.744844	15.065960	26.775504	9.792761	0.3	16.682743	26.775504	1.17

1) \* 降雨径流; \* \* 各湖之间的交换水量; \* \* \* 流入西江的水量

从上述的分析中可以得出如下结论: 星湖水量资源较丰富, 水位稳定, 变幅较小, 加之

湖泊水浅, 在风力的扰动下, 水体的理化性质容易达到均一. 这些特性为星湖水资源的开发利用提供了良好的条件; 但星湖是封闭性水体, 水体交换系数较小, 自净能力较差, 对水体污染物的稀释扩散较为不利. 这一特性为星湖水污染控制技术提供了依据.

### 参 考 文 献

- 1 刘明安. 七星岩志. 广州: 广东省地图出版社, 1989. 7
- 2 国家环境保护局开发监督司. 环境影响评价技术原则与方法. 北京: 北京大学出版社, 1992. 247

## Analysis of Hydrologic Environment of Xinghu in Zhaoqing

*Li Yaochu<sup>\*</sup> Li Shiyu Zhou Jingfeng Jia Yanshuang*

**Abstract** Based on the analysis of the system, level and cycle of water in Xinghu, the hydrologic features is acquired. The results can provide scientific basis for reasonably using Xinghu water resource and making water pollution control plan.

**Keywords** Xinghu, water system, water level, water cycle

---

<sup>\*</sup> Institute of Environmental Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China