

筓筓湖纳潮量与海水交换时间的计算

姬厚德, 潘伟然*, 张国荣, 骆智斌

(厦门大学海洋学系, 福建 厦门 361005)

摘要: 通过在筓筓湖引水渠和出水渠断面设置流向、流速、水深等要素的测量断面, 以获得筓筓湖纳潮情况下的水动力特征并由此计算筓筓湖的纳潮量和海水交换周期, 在中潮条件下, 筓筓湖的纳潮量为 $3.5 \times 10^5 \text{ m}^3$, 海水平均半交换周期为 8.5 d.

关键词: 海水交换时间; 纳潮量; 筓筓湖

中图分类号: P 332

文献标识码: A

文章编号: 0438-0479(2006)05-0660-04

筓筓湖历史上曾是一个具有 8 km^2 水面的优良天然鱼港和避风港. 1970 年到 1971 年在筓筓港口门处为围海造田修建了筓筓海堤, 切断了海水交换的天然通道, 遂成为一个封闭的内湖. 历经 30 年的变化, 目前湖区水域面积约 1.6 km^2 . 随着厦门经济特区的发展, 筓筓湖周围已逐渐开发成为厦门市城市中心, 因此筓筓湖的生态环境引起了社会广泛的关注.

急剧的变化导致了水质恶化的局面, 为此厦门市地方政府投入了大量资金进行沿岸截污工程、污水处理以及利用涨落潮的水动力作用修筑纳潮导流渠, 通过涨落潮的水位差以增强湖内水动力交换. 本文通过在进水断面、出水断面和西堤闸门处进行水位、流速观测, 对纳潮量进行测算, 同时计算筓筓湖的海水交换半周期, 为今后进一步开展筓筓湖治理提供基础资料.

1 纳潮量的现场测量

1.1 测量时间

厦门港的潮汐性质属于正规半日潮, 筓筓湖进、出水口闸正是利用了潮位的变化进行湖内的水体交换. 为观测其实际纳潮量和潮位的时间变化情况, 选择 2002 年 9 月 18 日 07:00~19:00(中潮) 进行一潮周的连续观测.

1.2 测量方式

进水断面、出水断面和西堤闸门外各安装一台水位计 TD301R 进行定点连续同步观测; 进水断面在涨潮阶段连续观测, 出水断面在落潮阶段连续观测; 每个断面布设三台 RCM9 海流计; 各仪器设置采样时间

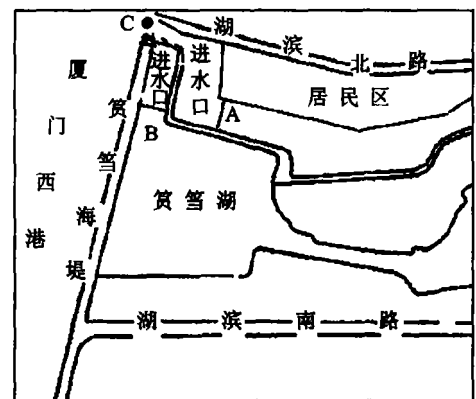


图 1 筓筓湖测站示意图

A: 进水口; B: 排水口; C: 水位计安放点

Fig. 1 The schematic figure of YuanDang lake survey stations

隔均为 5 min.

1.3 观测仪器

RCM9 海流计(挪威安德海流计)三台, TD301R(温深仪)水位计三台, (进水断面: TD134, 出水断面: TD135, 西堤闸门: TD129), CTD(温盐深仪)一台, 浮球三组.

1.4 观测过程

准备阶段(进水口和出水口均关闭阶段): 在进水断面, 一船完成该断面的水深测量和水位计安装, 然后完成该断面 3 台海流计的投放(离底 2 m, 下面锚定, 上面连浮球, 锚和海流计均系保险绳, 同时也用绳将浮球和网桩连接); 同时在另一断面和西堤码头闸门口各安装一台水位计, 并设置一人工水尺以进行潮位基准校正.

进水纳潮阶段: 根据西堤闸门开启、出水闸门关闭的时段, 进行进水过程观测, 同时在每个整点记录泵站

收稿日期: 2005-04-26

作者简介: 姬厚德(1980-), 男, 硕士研究生.

* 通讯作者: pamht12@public.xm.fj.cn

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

水位资料.

满潮阶段(进水口关闭后): 完成将三台海流计移至出水断面, 且安装完毕; 同时进行出水断面的水深测量;

排放湖水阶段(进水口关闭, 出水口开放阶段): 仪器开始进行出水过程观测, 同时在每整点记录泵站水位资料.

1.5 测量结果

1) 水位

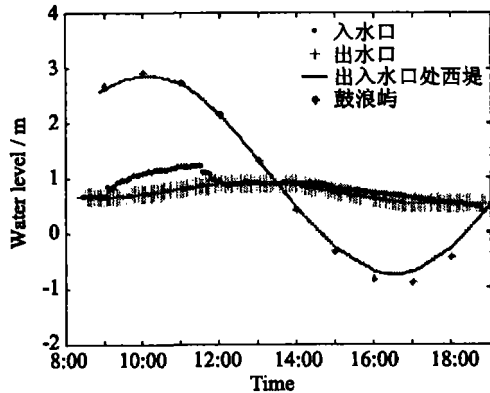


图 2 水位图(观测时间 2002 年 9 月 18 日)

Fig. 2 The figure of water level

西堤外东渡海区涨潮时, 水位较筲簕湖内水位高, 这个水位差将引起湖外水体流入湖内. 西堤进水口和出水口闸门均关闭时, 进出水口的水位保持一致. 当进水闸门打开的时候, 进出水口水位开始上升, 但是进水口明显要比出水口上升的幅度大, 直到关闭闸门后, 水位又趋于一致.

西堤外东渡海区落潮时, 水位较湖内水位低, 这个水位差让内湖水流向外海. 当出水闸门打开时, 进出水位都随之下降, 进水口水位与出水口相比略大.

2) 流速

流速如图 3、4 所示.

由图 3 可以看出, 在筲簕湖纳潮阶段, 纳潮口断面的流速基本一致, 方向大致为正东方向, 即与导流堤走向一致流向筲簕湖顶部, 纳潮时段的平均流速为 40~50 cm/ s.

由图 4 可以看出, 在筲簕湖退潮阶段, 排水口断面的流速也基本一致, 方向大致为正北方向, 即与导流堤走向一致向东渡外海域, 纳潮时段的平均流速为 50 cm/ s.

3) 盐度

由图 5 可以看出, 在筲簕湖纳潮阶段, 通过纳潮口进来的海水盐度较大, 达 27. 8, 退潮阶段排出的湖内水的盐度的平均值为 23. 7.

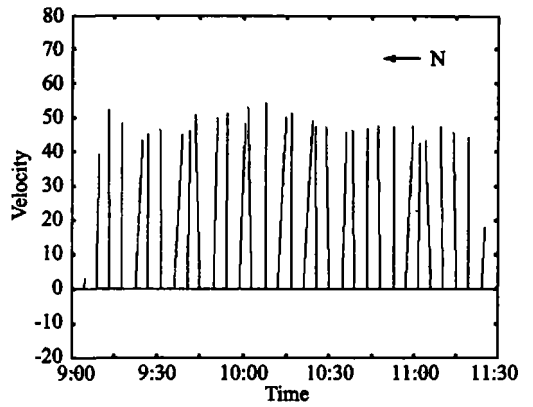


图 3 进水口流速矢量图

Fig. 3 The current vectors at inlet

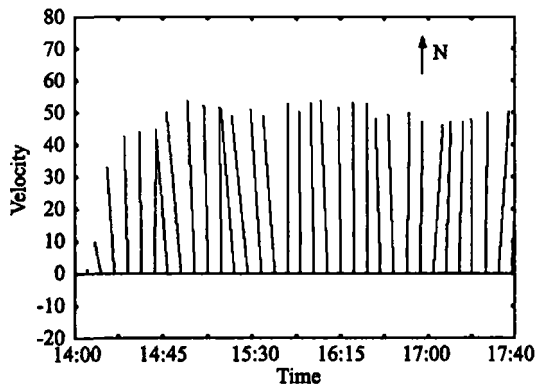


图 4 出水口流速矢量图

Fig. 4 The current vectors at outlet

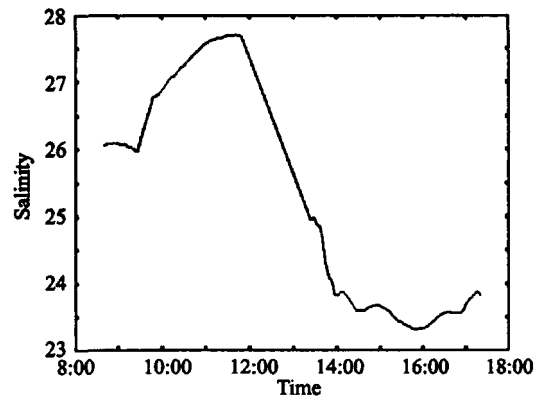


图 5 进出水口盐度图

13: 00 以前进水口盐度; 13: 00 以后为出水口盐度

Fig. 5 The salinity at inlet and outlet

2 纳潮量及交换周期的计算方法

2.1 纳潮量的计算

利用在断面布设的海流计测得的数据, 使用梯形差值法计算出筲簕湖的纳潮量 $Q_r = \int_{t_c}^{t_c + \frac{T}{2}} VBH dt$. 此

处入水口以长方形计算, 不考虑地形的影响.

V 即为每个时间段内的几何平均流速, 测量中 5 min 采样一次. B 为每个时段内观测断面的平均宽度. H 为每个时间断内的几何平均水深.

由此可以计算出筲筴湖每日纳潮量约为 $3.5 \times 10^5 \text{ m}^3$.

2.2 交换时间的计算

1) 筲筴湖内水的总体积的估算

筲筴湖的水域面积为 1.52 km^2 , 利用体积积分模型对筲筴湖内的总体积进行估算. 利用 $h = 1/n \sum h_i$ 计算出筲筴湖的平均水深为 1.35 m , 利用公式 $V = Sh$ 进行计算, 湖内水的体积为 $2.05 \times 10^6 \text{ m}^3$.

2) 筲筴湖的交换时间的换算

海水交换模式:

涨潮时流入湾内的海水中浓度为 C_0 的纯海水所占的比率为:

$$R_F = \frac{C_F - C_B}{C_0 - C_B} \quad (1)$$

落潮时流出湾外的海水中浓度为 C_B 的纯湾内水所占的比率为:

$$R_E = \frac{C_0 - C_E}{C_0 - C_B} \quad (2)$$

其中, C_0 为外海水的指标物质平均浓度; C_B 为湾内水的指标物质平均浓度; C_E 为落潮时流出水的指标物质平均浓度; C_F 为涨潮时流入水的指标物质平均浓度.

3) 此处以盐度作为指标物质浓度, 根据实测数据得 $C_0 = 29.2$, $C_B = 23.1$, $C_E = 23.9$, $C_F = 27.1$. 由此计算出 $R_F = 0.6$, $R_E = 0.8$.

4) 设湖内海水的总量为 Q , 在一个潮周期内的纳潮量为 Q_r , 落潮流出的水量相同, 那么经过一个潮周期后, 湖内剩下旧水量占湖内总水量的比例为:

$$1 - \frac{Q_r \cdot R_E \cdot R_F}{Q} = a \quad (3)$$

以此类推, 经过 n 个潮周期后, 湖内所剩旧水量占湖内总水量的比例为:

$$a^{n-1} (1 - \frac{Q_r \cdot R_E \cdot R_F}{Q}) = a^n \quad (4)$$

根据现有数据进行估算, $a = 0.96$, 假设经过 X 个周期后, 湖内海水被交换 50%, 则有:

$$0.5 = a^X \quad (5)$$

湖内海水交换 50% 的周期数 X , 就可以按下式求出:

$$X = \frac{\lg 0.5}{\lg a} \quad (6)$$

则 $X = 16.98$, 即交换 50% 的湖内水需要 16.98 个潮周期, 即大约需要 8.5 d.

5) 其他潮型半交换期的计算

对于筲筴湖, 由于在整治中修建了环湖围栏, 可近似认为在潮水涨落过程中, 潮量与潮差成线性关系, 即

$$\frac{H}{H_{\text{实测}}} = \frac{Q_{\text{潮量}}}{Q_{\text{实测}}} \quad (7)$$

在 2002 年 9 月 18 日筲筴湖测量期间, 鼓浪屿验潮站的实测潮差为 3.73 m. 根据 1957~1983 年验潮资料统计, 厦门港的潮差为: 大潮平均潮差 5.44 m; 中潮平均潮差为 4.01 m; 小潮平均潮差为 3.35 m. 将其代入公式 (7), 可计算出每潮周大中小潮的纳潮量和半交换周期, 见表 1.

表 1 大、中、小潮的纳潮量和半交换周期

Tab. 1 The volume of tidal prism and half tidal exchanging-period at spring, middle and neap tidal

潮型	历史上的代表潮差/cm	每潮周纳潮量/ 10^4 m^3	半交换期/潮周期数
大	544	51	11.2
中	401	38	15.4
小	335	31	18.8

3 小 结

1) 筲筴湖通过涨落潮时湖内外的水位差来驱动水体进出本湖以改变湖内的水质. 涨潮时, 开放闸门, 湖外水压较大, 使海水进入湖内; 落潮时, 湖内水压较大, 交换后的水排出湖外, 达到改善水质的目的.

2) 利用混合交换模式计算筲筴湖内海水的半交换周期, 大、中、小潮期, 筲筴湖的半交换期分别为 11.2、15.4 和 18.8 太阴半日潮周期. 潮差越大, 纳潮量越大, 半交换期就越小; 潮差越小, 纳潮量越小, 半交换期就越大.

3) 在计算不同潮型的半交换期和纳潮量的过程中, 采用线性关系, 因此存在一定的误差, 今后将尝试利用动力数值模型进一步分析筲筴湖的动力纳潮效果.

参考文献:

[1] 周诗贵, 陈聚法, 马绍赛. 丁字湾海水交换规律研究[J]. 海洋水产研究, 1996, 17(1): 49-56.

[2] 暨卫东, 黄自强, 黄尚高. 厦门西海域水体富营养化与赤潮关系的研究[J]. 海洋学报, 1996, 18(1): 51-60.

[3] 卢振彬, 杜琦, 黄毅坚. 厦门筲筴湖综合治理的生态效果[J]. 台湾海峡, 1997, 16(3): 306-310.

[4] 杨世伦, 陈启明. 半封闭海湾潮间带部分围垦后纳潮量计算的商榷—以胶州湾为例[J]. 海洋科学, 2003, 27(8): 43

- 47

[5] Tetsuo Yanagi, Hirofumi Hinata. Waterexchange be-

tween T obyoy Bay and the Pacific Ocean during winter[J].
Springer- Verlag GmbH, 2004, 54(2- 3): 452- 459.

The Calculation of Volume of Tidal Prism and Water Exchange Time of Yundang Lake

JI Hou-de, PAN Wei-ran^{*}, ZHANG Guo-rong, LUO Zhi-bin

(Department of Oceanography, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: The dynamic feature of Yundang Lake was analyzed by using a set of RCM. 9 current meters and tidal gauges. Based on the measured data, the volume of tidal prism in Yundang Lake is estimated as about $3.5 \times 10^5 \text{ m}^3$ and the half tidal exchanging-period is about 8.5 days at the middle tidal. As the tidal range becomes larger, the volume of tidal prism will become larger and the half tidal exchanging-period will be shorter.

Key words: water exchange time; the volume of tidal prism; Yundang Lake