

135-140

P931.7

山东荣成湾月湖地区的潟湖-潮汐汉道体系

魏合龙

(地质矿产部海洋地质研究所, 青岛 266071)

庄振业

(青岛海洋大学地质系, 青岛 266003)

提要 潟湖-潮汐汉道体系为一复杂的反馈体系, 其中任一参数的改变即可导致整个体系的复杂反映. 以月湖为例探讨了潟湖地貌演化的过程中, 及人工作用潟湖各主要参数的变化规律; 提出了月湖目前由于人工围堵特别是残余坝基对潮流的限制作用, 致使 P/A 值较高而饱满系数 K 值偏低, 潟湖-潮汐汉道体系稳定性较差的问题.

关键词 潟湖, 潮汐汉道, 荣成湾, 地貌演化

沙坝潟湖型海岸占世界海岸线总长度的 13%, 在我国沙质海岸中, 约 60% 的海岸线为此种类型. 同时, 由于其独特的地理环境, 往往成为人们开发利用的重要资源地, 如海水养殖、港口建设、潮汐发电、旅游、围垦造田等. 因此, 中外学者对沙坝潟湖型海岸进行了大量的理论研究^[1-10]. 如 O'Brien M. P.^[5,6]、Jarrett J. T.^[2]、张乔民^[11] 等对纳潮量与潮汐汉道断面面积之间关系即 P/A 关系的研究; Keulegan G. H.^[4] 对潟湖饱满系数的研究; Eseoffier E. F.^[1,12]、Hayes M. O.^[9] 对潮汐汉道断面临界面积的研究等. 但是, 在开发过程中, 最易改变的参数往往是潟湖面积、汉道长度等. 而这些参数的改变对沙坝潟湖体系的影响往往不被重视, 造成开发过程中的失误. 这方面的例子在山东半岛的许多潟湖中经常遇到.

月湖是我国保存较为完好的沙坝潟湖体系之一, 许多学者进行了调查研究^[13-16]. 本文即以月湖为例探讨潟湖面积、汉道长度等发生改变时, 其它各个主要参数的变化规划.

1 月湖概况

月湖又名马山港, 位于山东半岛荣成湾顶西南侧(图 1). 湖西、北、南侧均为陆地所包围, 东部由荣成湾沙坝与外海隔开, 仅东南部有一宽约 80m 的潮汐汉道与外海相通, 构成典型的潟湖-潮汐汉道体系.

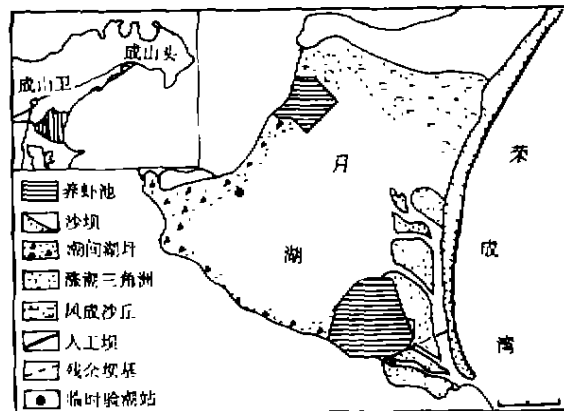


图 1 月湖位置

Fig. 1 Location map of Yuehu Lake

• 国家自然科学基金资助项目(编号:49276255).

收稿日期:1996-01-30;收到修改稿日期:1996-11-12.

作者简介:魏合龙,男,1965年生,助理研究员,硕士,毕业于青岛海洋大学地质系,主要从事沉积动力学研究,已发表《黄河下游泥沙输沙率的预测》等论文数十篇.

荣成湾为一弱潮海湾,北部平均潮差仅 92cm,南部为 108cm^[18].设在口门附近的临时验潮站(1992年5月15日至18日连续75h)的观测结果表明,月湖口门附近的潮汐类型为不规则半日潮,一天中较大一次潮汐涨落的潮差为 95cm,较小一次潮汐涨落的潮差为 62cm.

汇入月湖最大的河流为黄埠河,由西岸入湖,汇水面积仅为 0.35km²,仅在降雨期门有小水流入月湖,其它几条小溪对月湖的影响甚小,因此,大部分时间内可不考虑河流注入的影响.

1992年5月对月湖其它主要参数的调查结果如下:月湖中潮位时面积 3.06km²(人工筑坝及修建养虾池之前为 3.46km²);与外海勾通的潮汐汊道长度 1350m(人工作用之前为 350m);潮汐汊道咽喉断面面积 130m²;残余坝基断面面积 136m²;潮汐汊道咽喉断面宽度 76m².潮汐振幅(小潮实测)0.235m,同日外海实测小潮潮汐振幅 0.31m,大潮潮汐振幅 0.475m;潮位延迟相角 40.7°;纳潮量:小潮 $1.438 \times 10^9 \text{m}^3$,大潮 $2.306 \times 10^6 \text{m}^3$.

2 潟湖-潮汐汊道的地貌演变

2.1 月湖的地貌演化

荣成湾沙坝的岸线在外型上已呈较为典型的对数螺线形态,说明波浪能量沿岸分配较为合理,海岸趋于成熟,比较 50年代和 80年代的航空照片及分析沙坝剖面的层理构造^[19]也说明荣成湾沙坝在平面上是稳定的,月湖南岸及西北岸均为基岸出露,湖岸也稳定.本区风力强,常风向、强风向均为北,月湖的东北岸堆积了风沙,并不断向湖区吹积.

月湖口门内、外吹积分别发育涨、退潮流三角洲,以涨潮三角洲发育较好,对月湖影响较大.其发育过程大体上可分为 3 个阶段:

(1)口门扇形体的形成:涨潮流通过潮汐汊道后,流速突然变小,首先在口门附近形成一扇状堆积体,并不断向湖区扩展,开始时堆积体较小,对涨落潮流的影响甚微(图 2a);

(2)多股浅水潮道的形成:随着堆积体的不断扩大淤高,低潮位时开始阻碍涨落潮流,并迫使潮流归股,逐渐在扇形堆积体上形成多股浅水潮道(图 2b),本世纪 50—70年代时月湖内潮流三角洲上即有 5 个浅水潮道.

(3)单股潮道的加深和新一级扇的发育:随着扇形堆积体的进一步淤高,在高水位时也对涨落潮流形成阻碍,中高水位时出露水面,浅水潮道优胜劣汰,最终合并为一股,潟湖与外海的

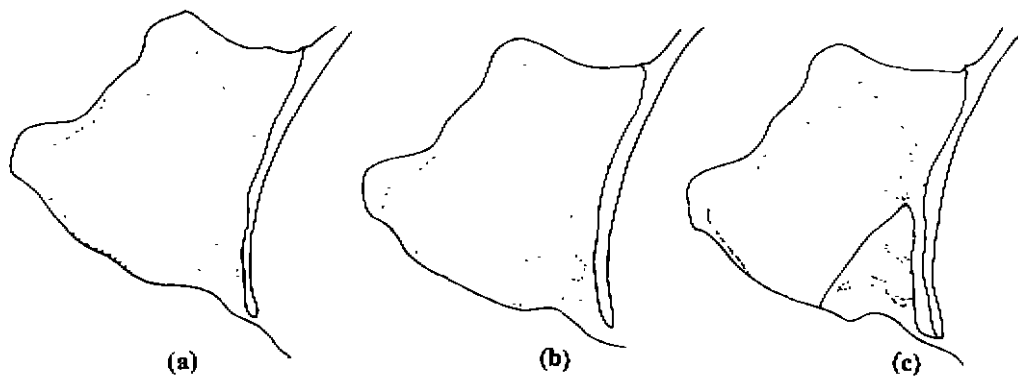


图 2 月湖涨潮流三角洲地貌演化

Fig. 2 Morphological evolution of the flood delta in the Yuehu Lake

水体交换主要通过这一狭长的水道进行, 以下称该水道为潟湖通道, 同时在潟湖通道向潟湖出口处形成新一级扇形堆积体(图 2c), 月湖目前正处于此阶段.

以上过程结果, 使潟湖面积减小, 通道增长.

2.2 人工作用与月湖地貌演化的关系

月湖内动植物繁盛, 尤以大叶藻-刺海参生态系统较为典型, 成为当地主要海参养殖场所. 1979 年为防止幼参逃逸, 在月湖口门附近修建了一座人工坝, 结果造成水体交换不畅, 月湖环境恶化, 大叶藻海参生态系统受到破坏. 1986 年为恢复原来的环境, 将人工坝东侧炸掉, 水体开始循环, 环境得到部分恢复, 大叶藻海参生态系统又开始发育. 但是坝基清理尚不彻底, 实测残余坝基断面面积与口门咽喉断面面积基本相等, 且残余坝基之上无沉积物淤积, 说明坝基仍有阻碍水体交换的能力, 限制了口门咽喉断面进一步扩大的可能性. 同时, 人工坝将原来的其它四股浅水潮道堵截, 仅存东侧最大一股.

1986 年又分别在月湖涨潮流三角洲和月湖北岸修建了两座养虾池, 使月湖面积减少 $40 \times 10^4 \text{m}^2$. 特别是位于涨潮流三角洲上的养虾池, 与人工坝相连, 将月湖原涨潮三角洲由水下变为水上, 使潮流单股入湖, 月湖与外海勾通的潟湖通道长度由原来的 350m 左右增至 1350m.

总之, 人工作用减少了潟湖面积, 限制了潮汐汊道的断面面积, 加速了潟湖的地貌演化进程, 由第二阶段迅速转到第三阶段.

3 潟湖-潮汐汊道体系的演变对潟湖各主要参数的影响

3.1 对纳潮量的影响

潟湖纳潮量是衡量潟湖环境的主要指标, 同时又与潮汐汊道咽喉断面面积、潟湖面积、通道长度、潮汐振幅、潮位相延迟角等参数, 成为演变的重要参数. 其中, 某一参数的改变均会导致整个体系的复杂反映(图 3). 潮汐汊道长度、湖面积与纳潮量之间的关系基本为单向相关; 而通道断面面积与纳潮量之间则为复杂的反馈关系. 在过去的文献中对这种反馈关系已有较多研究. 在此, 主要讨论潟湖通道长度、潟湖面积的变化与潟湖纳潮量之间的单向关系. 暂不考虑潮汐汊道咽喉断面面积对纳潮量的反馈影响.

在水力学计算中, O'Brien M. P. 等曾假定外海及潟湖内部的潮位变化符合正弦波性质, 湖内部的潮位是一致的, 但较外海有一相位延迟角, 通道的水流主要受潟湖与外海的水位差控制等. 若在此基础上进一步假设通道断面为一规则的矩形, 则可得出下列关系:

$$a_B = a_0 \cos(\epsilon) \quad (1)$$

$$h_B = a_0 \sin(2\pi t/T) \quad (2)$$

$$h_B = a_B \sin(2\pi t/T - \epsilon) \quad (3)$$

$$\frac{dh_B}{dt} \cdot A_B = Q \quad (4)$$

$$h_0 - h_B = JL \quad (5)$$

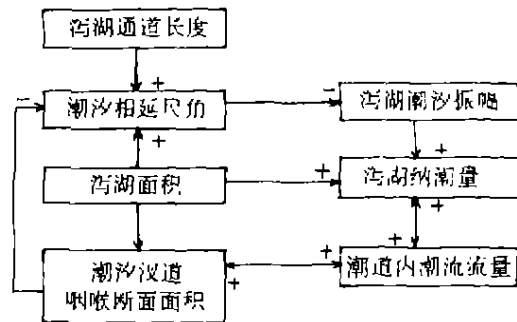


图 3 潟湖-潮汐汊道体系主要参数相互关系
“→”表示影响方向, “+”表示正相关, “-”表示负相关

Fig. 3 Relationship of parameters of tidal inlet-lagoon system

其中, u_0, a_B 分别为外海及潟湖的潮汐振幅; h_0, h_B 分别为外海及潟湖的潮位; A_B 为潟湖面积; L, J 分别为潮汐汊道长度及其水面坡度; Q 为进出潮汐汊道的潮流流量; ϵ 为潟湖潮位相延迟角; T 为潮周期; t 为时间。

实测结果显示, 月湖潮汐振幅、潮位相延迟角及与外海潮位之间的关系等参数非常符合上列各式, 说明以上假设是符合实际的。

根据式(1)至(5)可导出:

$$Q = CJ \quad (6)$$

其中

$$C = 2\pi/T \cdot A_B \cdot L \cdot \text{ctg}(\epsilon) \quad (7)$$

式(6)表明, 对于一确定体系, A_B, L, ϵ 等参数基本保持不变, 即 C 值为常数, 潮汐汊道的流量与通道上的水面坡度呈简单的线性关系, 据河流动力学理论, 流量除与水面坡度有关外, 还与断面几何状态、综合阻力系数等因素有关, 而与河段长度等无关, 即 C 值仅取决于潮汐汊道断面情况, 与汊道长度、湖面积、湖潮位相延迟角等无直接关系。这样在潟湖的发育过程中, 若假定潮汐汊道断面面积不变, C 值将为一定值, 根据式(7), 潟湖面积 A_B 及湖通道长度 L 等参数的改变将通过改变潟湖内潮汐相延迟角来保持 C 值的恒定。将月湖的各参数代入公式(1)~(7), 可以得出, 在潮汐汊道长度不变(取 $L=1350\text{m}$) 时湖面积与湖纳潮量之间的关系(图 4a) 及月湖面积保持不变($A_B=3.06 \times 10^6\text{m}^2$) 时, 潮汐汊道长度与潟湖纳潮量之间的关系(图 4b)。

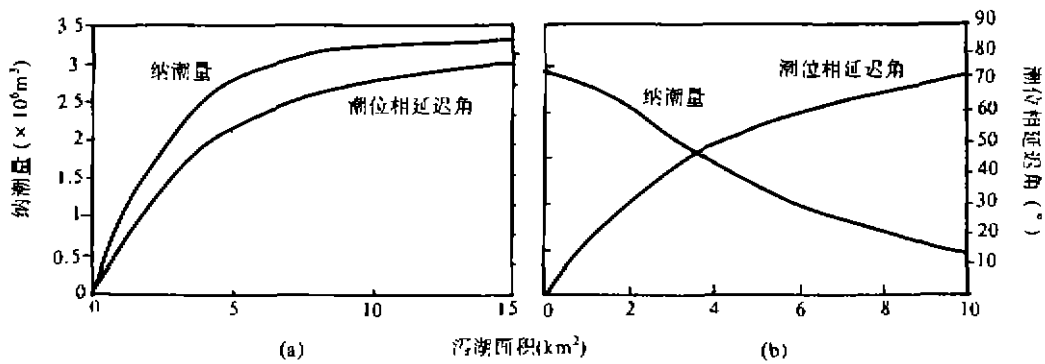


图 4 潟湖面积潮汐汊道长度变化对纳潮量的影响

Fig. 4 Influence of the lagoon areas and the length of tidal entrance on the tide prism

由图 4 可以看出, 在潟湖-潮汐汊道体系的演化过程中, 随着潟湖通道的增长及湖面积的增加, 潟湖内潮位相延迟角将不断增加, 从而使潟湖内潮汐振幅减小。结果, 通道的增长使纳潮量减少(图 4a); 而潟湖面积的增加虽然造成湖内潮汐振幅的减小, 作为潟湖面积与潮汐振幅乘积的纳潮量仍然有所增加(图 4b)。其中, 潮汐汊道长度的改变对纳潮量影响较大。月湖人工围堵之前, 影响月湖与外海水体交换的主要通道长度仅为 350m, 潟湖潮位相延迟角仅为 14.2°。若取外海潮汐振幅 0.475m, 湖内潮汐振幅可达 0.46m, 纳潮量为 $3.183 \times 10^6\text{m}^3$ 。这一结果与 50—60 年代相近, 月湖西北岸高潮时水深达 2—3m, 海参广泛发育的实际是相符的; 人工围堵之后, 潮汐汊道长度增至 1350m, 湖内潮汐振幅减至 0.34m, 较原来降低 26.1%, 加上潟湖面积的减少, 人工围堵之后的月湖纳潮量变为目前的 $2.306 \times 10^6\text{m}^3$, 较原来降低 27.6%。

3.2 系统稳定性分析

潟湖-潮汐汊道体系的稳定性主要是指潮汐汊道口门平面位置的稳定性及潮汐汊道咽喉面临界面积的稳定性,一般是通过比较潮流作用、波浪作用及潮汐汊道断面情况三者之间的关系而实现的.月湖潮汐汊道的口门正好位于对数螺旋形海岸的腹部,为波浪能量最弱的地点,说明口门的平面位置处于较为理想的稳定区.另外,月湖地区海岸线基本呈NNE向.本区的强风向及常风向均为北,基本上呈离岸向,而向岸向风力及频率均较小,所形成的波浪能量相对较弱.因此,本文暂不讨论波浪作用对潮汐汊道咽喉断面面积的影响.

根据潮流作用和潮汐汊道断面之间的关系,衡量潮汐汊道断面稳定性的指标较多.其中以纳潮量与潮汐汊道咽喉断面面积之间的关系即 $P-A$ 关系、以及潟湖饱满系数 K 两种指标应用较为广泛.O'Brien M. P. 等^[6]及张乔民^[11]分别对美国沙质海岸及我国华南沿海诸多潮汐汊道的研究中,提出的 P/A 之比值变化于0.4—2.6之间.美国沙质海岸潮汐汊道的 P/A 值为0.75—2.6,平均为1.61;华南沿海 P/A 值为0.4—1.59,平均为0.94.月湖目前的 P/A 值为1.69,高于美国沙质海岸的平均值,较华南沿海明显偏高.说明月湖潮汐汊道断面面积偏小,这进一步说明了残余坝基的限制作用.

Keulegan G. H. ^[4]提出了潟湖饱满系数 K 来说明潮汐汊道段面的稳定性,并证明 K 值的临界为0.64.当 K 值大于0.8时潮汐汊道段面是稳定的, K 值小于0.6时潮汐汊道段面处于不稳定状态.根据Keulegan G. H.提出的潟湖饱满系数 K 与潟湖潮位相延迟角之间的关系^[12],月湖目前的延迟角为40.7°,所对应的 K 值约为0.7,虽然大于临界值,但较潮汐汊道段面稳定所需的0.8略小.若保持系统的稳定,即 $K > 0.8$,则潮位相延迟角须小于34°,所对应的月湖平均潮汐振幅至少应为0.415,潮汐振幅及纳潮量较目前提高8.6%.若取 P/A 关系为1.6(美国沙质海岸平均值),则月湖潮汐汊道段面面积至少应为149m²,较目前增加14.6%.若取 P/A 关系为0.94(华南沿岸平均值),则月湖潮汐汊道断面面积至少应为254m²,约为目前的两倍.

4 结论

(1) 潟湖内潮流三角洲的演化具有阶段性,结果使潟湖面积减少及潮汐汊道长度增加.月湖的人工建筑则加速了这一进程的发展,并使月湖潮汐汊道的段面面积受到限制.

(2) 潟湖各主要参数的变化均引起其它参数的复杂反映.其中,潮汐汊道长度的改变较潟湖面积的变化更易使潟湖纳潮量改变,进而影响潟湖的环境演化.

(3) 受残余坝基的限制作用,月湖的 P/A 值较高而饱满系数 K 值偏低,致使月湖的稳定性处于临界状态.若使月湖保持长期稳定,首先应彻底清理目前的残余坝基,使口门断面面积至少增加14.6%.

致谢 参加调查工作的还有:安英杰、汪东军、冯军等.

参 考 文 献

- 1 Escoffier E F, Walton T L. *J Waterways Port Coastal and Ocean Div, ASCE*, 1979, 105(4)
- 2 Jarrett J T. Tidal prism-inlet area relationships. GITI Report # 3, U S Army Coastal Engr Research Center and Waterways

- Expt Station, 1976, 55
- 3 Hayes M O. General morphology and sediment patterns in tidal. *Sed Geol.* 1980, 25: 139-156
 - 4 Keulegan G H. Tidal communication with seas. *Comm Tidal Hydraul U S Army Corps Engr Tech Bull.* 1967, 14: 89
 - 5 O'Brien M P. Estuary tidal prism related to entrance areas. *Civil Engr.* 1931, 1: 738-739
 - 6 O'Brien M P. Equilibrium flow areas of inlets on sandy coast. Proc 13th Coastal Engr Conf. Am Soc of Civil Engr. 1969 761-780
 - 7 吴锦秀, 刘仲衡, 陈洪亮等. 山东半岛荣成湾海岸潟湖沉积环境的初步分析. 海洋湖沼通报, 1986, (2)
 - 8 吴桑云. 浅析海湾资源的开发——以荣成市海湾为例. 黄渤海海洋, 1989, 7(4): 25-31
 - 9 应秩甫, 陈志永. 水东湾潮汐汉道稳定性的探讨. 见: 中国海洋湖沼学会海岸河口学会编. 海岸河口研究. 北京: 海洋出版社, 1990
 - 10 张乔民. 华南海岸潮汐汉道 $P-A$ 关系的分析. 热带海洋, 1987, 6(2)
 - 11 陈伟, 李经武, 张起信. 大天鹅湖的越冬栖息地——荣成天鹅湖调查初步成果. 海洋湖沼通报, 1991, (2): 57-61
 - 12 陈刚, 李从先. 荣成海岸类型与海岸侵蚀的研究. 同济大学学报, 1991, (3)
 - 13 张忍顺. 潮汐汉道研究的进展. 海洋通报, 1984, 3(2): 89-96
 - 14 李从先, 庄振业. 关于沙坝潟湖体系的几个问题. 海洋科学, 1983, (3)
 - 15 任美镔, 张忍顺. 潮汐汉道的若干问题. 海洋学报, 1984, 6(3)
 - 16 庄振业. 沙坝潟湖体系. 见: 近代海洋地质. 青岛: 青岛大学出版社, 1992
 - 17 蔡月娥等. 山东半岛海岸潟湖的沉积环境. 海洋与湖沼, 1984, 15(1)
 - 18 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志(第三分册). 北京: 海洋出版社, 1991
 - 19 庄振业, 盖广生. 山东半岛海滩层理研究. 山东海洋学院学报, 1983, 13(1)

STUDY ON THE EVOLUTION OF YUEHU LAKE—TIDAL INLET SYSTEM, RONGCHENG BAY, SHANDONG PROVINCE

Wei Helong¹ Zhuang Zhenye²

(1, Inst. of Marine Geology, MGMR, Qingdao 266071; 2, Qingdao Ocean Univ., Qingdao 266003)

Abstract

Lagoon-tidal inlet system is a complex feedback system. Any changes of some parameters can make a series response of the whole system. This paper emphasizes on the relationships between the parameters of the system during the morphological changes of the system. As the development of the flood tidal delta, the tidal entrance enlengthed and the lagoon areas decreased, resulting in reduction of the tide prism, and therefore, the lagoon-tidal inlet system is to be destroyed.

Yuehu Lake is a semi-closed lagoon. Its evolution is speeded up by such artificial activities, as the dike in the tidal entrance and two prawn-ponds. Series effects on the stable of the lagoon-tidal inlet system caused by the dike and prawn-ponds are concerned. In order to keep the system stable, artificial work to enlarge the remaining base of dike is needed.

Key Words Lagoon, tidal inlet, Rongcheng Bay