

研究简报

# 杭州湾北岸张家厍潮滩动态系统的 频谱分析\*

章可奇 金庆祥 王宝灿

(华东师范大学河口海岸研究所, 上海 200062)

**提要** 应用 AR 谱和多维最大熵谱方法分析了杭州湾北岸张家厍潮滩的波浪、潮流及潮滩滩面高程数据。结果表明,潮滩的变动和潮流、波浪变化的关系十分密切,潮滩滩面高程具有 30, 15, 2—5d 的周期变化;冬春季节潮滩变化以潮流作用造成的低频变化为主,夏秋季节则由低频向高频转移,波浪引起的潮滩高频变化也很显著;低潮滩到中潮滩下部的冲淤变化与潮流作用关系密切,中潮滩上部、高潮滩的冲淤变化对常浪性质的波浪作用具有明显的响应。

**关键词** 潮滩 谱分析 杭州湾

泥质潮滩在物理、化学、生物等多种影响因子的作用下,处于不停的运动状态中,其中物理因素对潮滩的冲淤变化最为直接,为此,可将浅滩动力和潮滩地形看作一个相互影响、相互制约的动态系统。

Fox 等(1973)曾用傅立叶级数模拟了美国密西根湖的动力要素与岸滩的演变。然而对于泥质潮滩,由于观测困难至今尚缺乏定量的研究。本文将潮滩高程作为系统的输出因子,而将潮流和波浪作为系统的输入因子,对系统的输入、输出因子进行频谱分析,研究其变化的内在规律,并找出输入、输出因子的联系,以期达到对潮滩进行定量预测的目的。

## 1 资料的获取和分析

资料主要包括潮滩上的水文、泥沙及潮滩滩面高程数据。于 1985 年 10 月—1986 年 10 月在杭州北岸的张家厍潮滩上设桩观测潮滩滩面高程,每天观测一次,桩距 50—100m (见图 1)。同时,于 1985 年 10 月 27 日—1986 年 4 月 6 日在张家厍的中、低潮滩分别用测波仪进行了波浪观测。为提高分辨率,采用自回归 (AR) 谱和多维最大熵谱技术对数据进行了分析,详细过程可参见文献 (Marple, 1980; Morf et al., 1978; Nutall, 1977; Strand, 1977)。

## 2 潮滩系统输出因子的 AR 谱分析

以 3 号测站代表高潮滩,5 号测站代表中潮滩上部,11 号测站代表中潮滩中部,18 号

\* 国家自然科学基金资助, 49106060 号。陈宏达、陈卫跃对本项工作给予大力支持, 谨志谢意。

收稿日期: 1992 年 6 月 22 日, 接受日期: 1993 年 6 月 23 日。

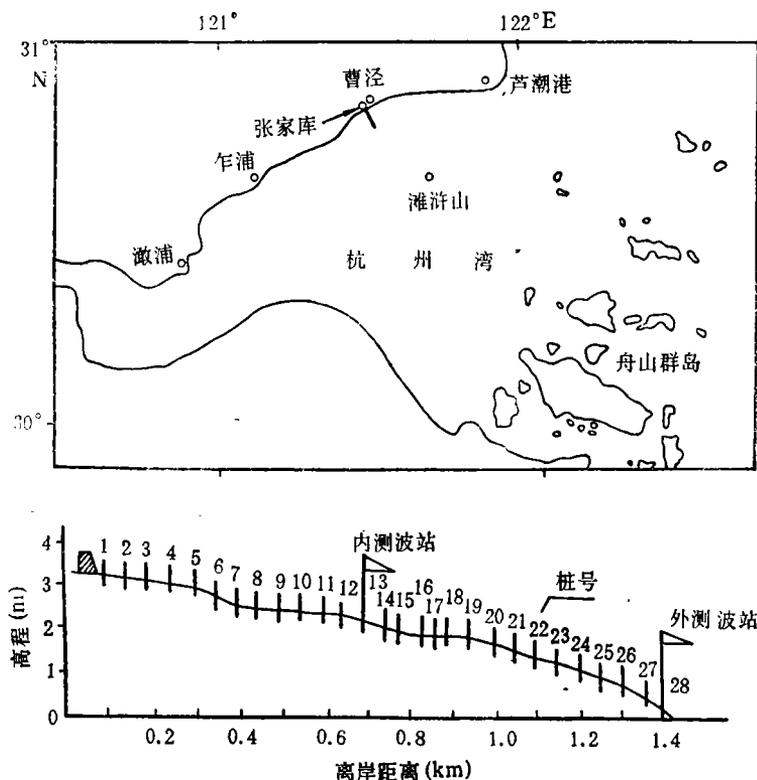


图 1 观测站位示意图 (1—28 为站位)

Fig. 1 Location of the study area of the tidal flat at Zhangjiashe, Hangzhou Bay

站位代表中潮滩下部, 27 号站位代表低潮滩, 对各站不同季节的滩面高程进行 AR 谱分析, 以了解潮滩的季节性冲淤特点。

秋季(9, 10, 11 月): 各站谱线大致呈“V”形, 在 15d 周期上均出现峰值, 此外 2—5d 的周期上也具有不同频率的谱峰 (如图 2, 限于篇幅这里仅给出 5 号站位的 AR 谱分析结果, 下同)。中潮滩下部及低潮滩以 15d 周期的潮流作用为主, 第二谱峰出现在 2d 和 4d 的风浪作用周期上, 在潮滩的其它部位上, 第一峰值出现在 2—5d 周期上, 15d 周期为第二峰值。这说明秋季潮滩在风浪和潮流的共同作用下, 处于冲淤变化十分活跃的状态。

冬季(12, 1, 2 月): 谱线偏于低频部分, 高频成份减小, 滩面振动以 30, 15, 10d 周期为主, 潮滩对潮流的响应得到明显反映, 即在该季节中, 潮滩在潮流的周期性作用下, 塑造着“潮流剖面”。

春季(3, 4, 5 月): 为一年中季节转换时期, 谱线仍以低谱成份为主, 30, 15d 周期的峰值都较大, 在中潮滩中部以上部分, 2—4d 周期的成份增加, 表明这一时期潮滩受风浪的影响逐渐增加。

夏季(6, 7, 8 月): 谱线反映出由低频向高频转移的特点。除仍有 30d 或 15d 周期的第一峰值外, 2—4d 周期的成份表现得愈为明显。杭州湾北岸每年平均受到 1—2 次热

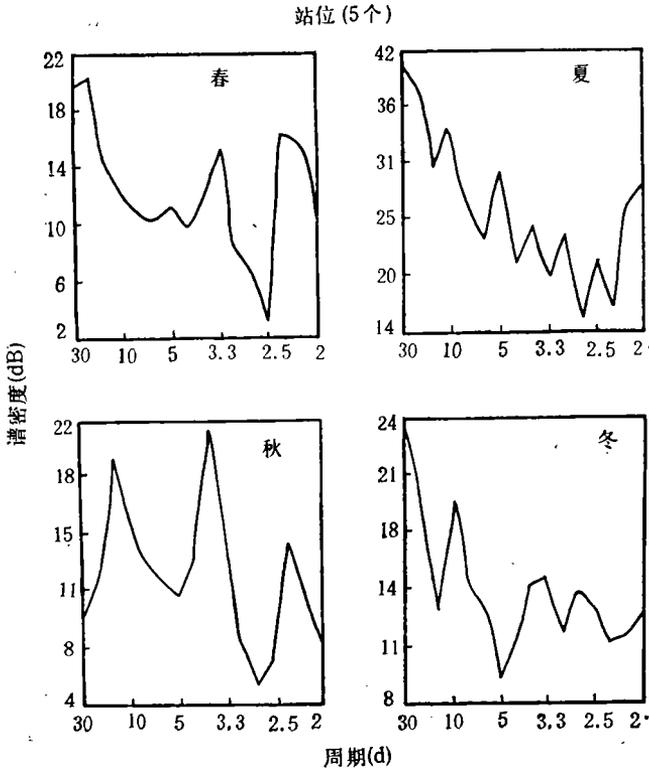


图 2 滩面高程四季 AR 谱

Fig. 2 AR Spectrum of daily elevation of the tidal flat at Zhangjiashe, Hangzhou Bay

带风暴的侵袭,每次热带风暴的作用过程通常持续 2—4d,然而由于潮滩在暴风浪作用下的侵蚀,有时需要相当长的时间方能得以恢复,如低潮滩的 25 号站位,在 1987 年 7 月,受 7—8 级东南大风的作用,滩地被刷深了 23cm,经 40d 左右的时间才恢复到原有高程,在这种情况下,风暴后的常浪作用产生的潮滩的高频变化被上述过程掩盖。在谱图上所占的比重下降,所以在输出因子的频谱分析中,高程谱并不能反映出潮滩的非周期突变过程,仅反映了常浪作用下的波浪作用。

### 3 潮滩系统输入、输出因子的交叉谱分析

潮滩对潮流具有月、半月周期的响应,并通过潮流的泥沙输移,不断淤积,然而风浪往往破坏潮流的周期作用过程,使潮滩发生冲刷。其作用往往是短周期的,因此,应对波浪作用下的潮滩短周期变化进行研究,这里在对潮滩滩面高程序列进行高通滤波后,用多维最大熵谱方法对潮滩滩面冲淤值和波高之间进行交叉谱分析。

结果表明,高潮滩(3 号站位)滩地冲淤谱在 2—3d 出现最大谱峰,3—5d 处出现次级谱峰;中潮滩上部(图 3)的滩地冲淤谱与高潮滩的冲淤谱结构相似,在 3.5d 出现最大谱峰,在 2.2d 处出现次级谱峰;高潮滩和中潮滩上部 3.5d 的周期上的凝聚谱具有较大的量值,分别约为 0.5 和 0.4,位相谱为 -3d,表明了高潮滩和中潮滩上部滩地的冲淤变化与波浪之间有着良好的关系,然而却有着 3d 的滞后响应。2.3d 周期上的波高与滩面冲淤值的凝聚值较小。中潮滩中部 11 号站位滩面冲淤谱分布有二个谱峰,周期分别为 4 和

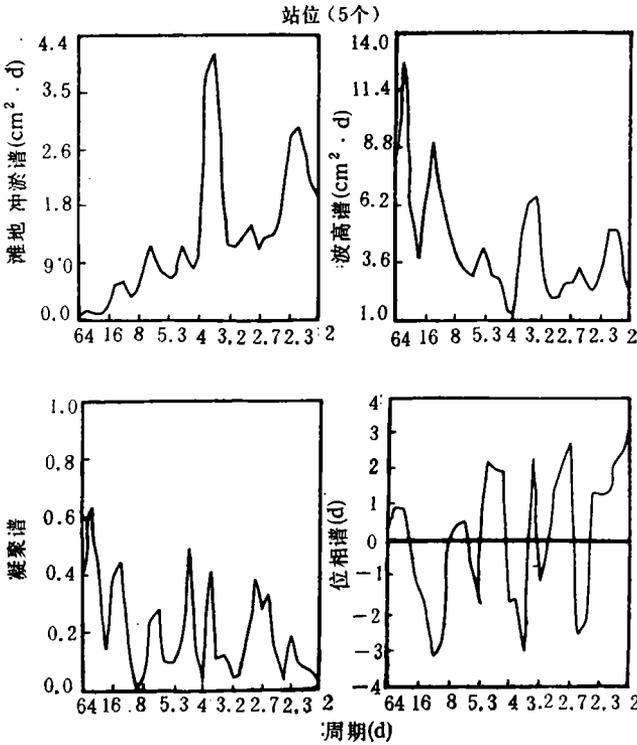


图 3 波高和滩地冲淤值的交叉谱

Fig. 3 Cross-spectrum between wave height and change magnitude of tidal flat profile at Zhangjiashe, Hangzhou Bay

2.6—2.3d。其中 2.6d 周期上波高和滩面冲淤值凝聚值谱大于 0.4，两者关系密切，该周期上的位相谱接近于零，说明接近 3d 周期的波浪变化与滩面冲淤变化几乎同步。位于中潮滩下部的 18 号站和低潮滩的 27 号则稍具不同的规律。18 号站位的滩面冲淤谱除了 5.8, 3.8, 2.9 和 2.2d 周期处出现谱峰外，在周期较长的 16d 处具有最大的峰值。27 号站点仅在 13d 周期处出现一个显著的谱峰，滩面冲淤周期与潮汐作用周期十分接近，而波高与滩面冲淤值的凝聚谱值均较小，可见波浪对滩面作用凝含到潮汐作用中，表现得没那么显著。

滩面冲淤与波浪变化之间的响应本身是一个十分复杂的过程，波浪随水深的变化发生破碎，破碎波又随着水位涨落沿潮滩剖面上下迁移，波浪破碎以后波频的调制，加上潮滩的地形变化及底床物质的差异，使潮滩各部分对同一波浪的作用表现出不同的响应特点。就整个潮滩滩面而言，在经常性波浪作用下，中潮滩下部以及低潮滩的部分，潮滩冲淤波浪变化的响应并不显著，潮滩的冲淤变化与潮流的月、半月周期作用存在较好的相关关系，潮流对潮滩作用甚为明显，潮滩冲淤具有 30, 15d 周期的变化；中潮滩中部的加速水流使中潮滩中部泥沙沉积量甚少，滩面物质粒径稍粗，但滩面冲淤对波浪 2.6d 周期变化却有着较完全的响应。中潮滩上部和高潮滩冲淤则与波浪 3.5, 2.2d 周期变化有着较好的关系，且有 3d 的滞后响应，即由中潮滩中部以上部分，随着滩面高程的增加，风浪作用越趋明显，且波浪作用滞后效应也越趋显著。

## 4 结论

4.1 由滩面高程 AR 谱分析可知,潮滩具有由潮流周期变化决定的, 30, 15d 的周期变化,与此同时,潮滩还具有与波浪变化周期相近的 2—5d 的周期变化。

4.2 潮滩滩面高程的季节波动明显地反映出冬春季以低频成份为主;至夏秋季则由低频向高频转移, 2—4d 周期成份显著增加,潮滩处于冲淤变化十分活跃的季节。

4.3 低潮滩到中潮滩下部,潮滩冲淤变化与潮流的半月周期变化有较好的关系,对常浪性质的波浪响应并不显著,中潮滩中部以上部分潮滩的冲淤变化除与潮流关系密切外,还与波浪有较好的响应。高潮滩的冲淤变化对波高变化存在着 3d 的滞后响应。

4.4 潮流对潮滩的作用是一种经常性的平稳过程,在潮滩的塑造中起着主要作用,然而,波浪则经常性地破坏趋于平衡的潮滩。从潮滩的动态系统角度出发,应首先研究波浪这一输入因子与输出因子——滩面高程之间的关系,在此基础上,再作出较为合理的预测,这对潮滩演变的预测是至关重要的。

## 参 考 文 献

- Fox, W. R. and Davis, R.A., 1973, Simulation for storm cycles and beach erosion on Lake Michigan, *Geol. Soci. American Bull.*, **84**: 1769—1790.
- Marple, S.L., 1980, A new autoregressive spectrum analysis algorithm, *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process Assp.*, **28**:441—454.
- Morf, M., Vieira, et al., 1978, Recursive algorithm maximum entropy spectral estimation, *IEEE Trans. Geosci. Electron. GE.*, **16**:85—94.
- Nutall, A.H., 1977, Positive definite spectral estimate and stable correlation recursion for multivariate linear predictive spectral analysis, Naval Underwater Systems Center, *Tech. Rep.*, **5727**: 48.
- Strand, O.N., 1977, Multichannel maximum entropy spectral analysis, *IEEE Trans. Automat. Contr. AC.*, **22**:634—640.

## SPECTRAL ANALYSIS OF THE DYNAMIC SYSTEM OF TIDAL FLAT AT ZHANGJIASHE ON THE NORTH BANK OF HANGZHOU BAY

Zhang Keqi, Jin Qingxiang, Wang Baocan

*(Institute of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062)*

### ABSTRACT

A daily measured set of data on the one year elevation of the tidal flat, wave height and tidal current at Zhangjiashe of Hangzhou Bay was analysed by using autoregressive and multichannel maximum entropy spectrum techniques in order to explore the features of tidal flat changes in the frequency domain. The results showed that the 30 and 15 day period tidal flat changes caused mainly by the monthly and spring-neap change of tidal currents, that there was a remarkable correlation between the changes of wave height and the less than 15 day period tidal flat variations, that during winter, tides dominated the changes of the tidal flat and during summer both waves and tides played important roles in variations of the tidal flat, that the changes of elevation in the lower part of the middle flat and the low tidal flat related closely to variations of tidal currents, and that the changes of elevation in the high tidal flat and the upper part of the middle tidal flat responded significantly to the variations of wave.

**Key words** Tidal flat    Spectral analysis    Hangzhou Bay