

蓬莱近岸非潮汐水位波动*

刘赞沛 陈则实 鄢利农 邹娥梅

(国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266061)

提要 根据 1984—1993 年蓬莱验潮站水位自记曲线资料, 考察了该站的非潮汐水位波动。资料分析表明, 这种非潮汐水位波动是本区的一种较为经常的现象, 且有较大的波高, 最大可达 124cm, 超过当天半日潮潮差 (107cm)。它们主要包含 3 个频段的水位波动, 周期分别为 8—12、20—30 和 60—120min。本研究主要揭示这些水位波动的特征和性质, 特别是由此而产生的假潮。同时, 通过对相关场资料的分析, 揭示了引起这种较大振幅水位波动的主要原因。

关键词 自然周期, 假潮, 非潮汐水位波动

中图分类号 P731

假潮是一种海洋危险现象, 特别是大振幅假潮, 可在短时间内引起港湾水位的骤然升降, 这不仅影响船只的进出港, 而且还导致码头和低洼地区被淹, 造成灾害, 威胁着沿岸居民的安全和对国民经济可能造成严重损失。因此, 港湾假潮, 特别是大振幅假潮的研究, 对航运安全和防灾减灾有着重要意义。国内有关潮周期水位变化已有大量的研究(王腊春等, 2000; 方国洪等, 1966, 1981), 但对非潮汐周期的水位变化, 特别是假潮振动的研究仍然很少。本文利用蓬莱验潮站水位资料, 首次考察了该站的非潮汐水位波动以及与之相关的假潮振动。同时, 通过对相应的气压和风场资料的分析, 初步揭示了引起这种大振幅水位波动及假潮振动的主要动力原因。

1 研究区概况

蓬莱验潮站位于蓬莱岬角左侧, 水深约 3m, 登州浅滩位于它的前方。小于 5m 的浅滩从四人洲始, 向西北延伸约 30km(图 1)。浅滩大部分水域很浅, 其间沙洲林立, 最浅处不足 1.5m。在沿岸海滩与四人洲之间仅有一条 300m 宽的较深水道(7—8m)与登州水道相通, 其海岸线构成一近似半圆形小湾, 湾口平均水深 2.2m。验潮站位于北湾口内侧, 湾口宽约 1300m, 沿轴线长仅 600m。按照半圆形海湾梅立恩公式: $T_1 = 2.220 \times 2L / (gh_1)^{\frac{1}{2}}$, 式中, L 为湾的长度; h_1 为湾口平均水深(Wilson, 1972), 计算该湾的基态自然周期为 9.56min。此处地形复杂, 气象条件多变, 水位的变化也表现得较为复杂。

2 资料来源和处理

本文所用原始资料, 水位记录取自国家海洋局北海分局蓬莱验潮站 1984—1993 年的

* 国家自然科学基金资助项目 49676281 号; 山东省科委科技计划专项合同, 967 第 40 号。刘赞沛, 男, 出生于 1940 年 7 月, 研究员, Fax: 0086-0532-2879562

收稿日期: 1999-11-26, 收修改稿日期: 2000-09-27

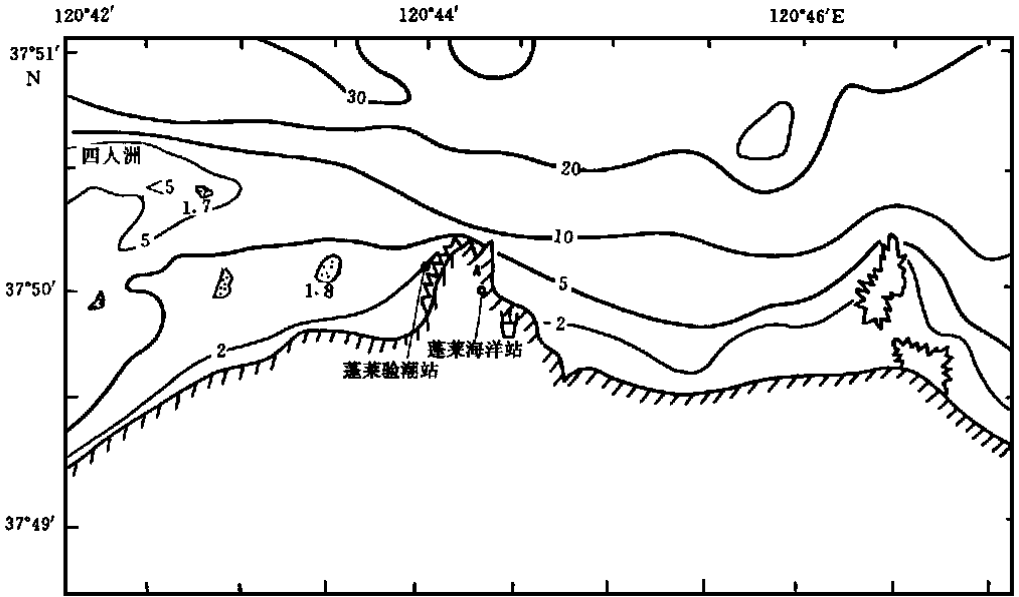


图 1 蓬莱近岸地形图(m)

Fig. 1 Topography of Penglai coastal area (m)

表 1 蓬莱验潮站非潮汐水位波动($\geq 40\text{cm}$) 特征Tab. 1 Feature of nontidal fluctuation of the sea level ($\geq 40\text{cm}$) at Penglai Tide Gauge Station

年份	开始时刻	持续时间(h)	最大波高(cm)	初估周期(m in)	最大波高潮位特征
1984	06- 08- 17□ 00	4	63	60	高潮时
1985	06- 02- 21□ 30	10	124	116	高潮时
1985	06- 03- 02□ 05	3	50	100	低潮时
1985	06- 08- 02□ 00	3	40	20	低潮时
1987	03- 24- 16□ 00	3	45	120	低潮时
1987	03- 25- 00□ 00	6	44	110	低潮时
1987	06- 29- 19□ 00	5	63	120	低潮时
1987	07- 08- 05□ 00	10	40	50	低潮时
1987	07- 21- 23□ 00	5	75	80	低潮时
1988	07- 21- 14□ 00	3	40	60	高潮时
1988	09- 04- 12□ 00	3	40	65	高潮时
1989	05- 19- 05□ 00	5	62	12	低潮时
1989	06- 26- 21□ 00	7	47	100	高潮时
1990	05- 12- 19□ 00	8.5	72	20	高潮时
1990	07- 09- 21□ 00	9	68	120	高潮时
1990	07- 15- 00□ 00	29	88	100	涨潮时
1990	07- 16- 21□ 00	4	47	100	高潮时
1990	07- 17- 00□ 00	6	59	120	高潮时
1993	03- 30- 21□ 00	3	40	12	低潮时

水位自记曲线记录; 气压和风的资料取自与验潮站相邻的蓬莱海洋站 1986—1993 年的气压和风的自记曲线记录。

对于波高大于 20cm 的水位波动, 分别将其发生的开始时刻、持续时间、最大波高和最大波高时的潮位状态, 按时间顺序摘录在蓬莱验潮站非潮汐水位波动特征统计表 1 中。据统计, 1984—1993 年 10 年间出现波高大于 20cm 的水位波动共有 74 次。为减少篇幅, 表 1 中只列出波高等于或大于 40cm 的水位波动。此外, 还列出了各月非潮汐水位波动出现的次数(表 2)和平均周期分布(表 3)作为分析研究该站非潮汐水位波动的基础资料。

为了对表 1 中所列 9 次较大振幅水位波动事件进行分析, 还从验潮站水位自记曲线上摘取每 4min 网格点上的水位记录, 组成水位时间序列。同时, 从蓬莱海洋站的气压和风速风向自记曲线上, 摘取各网格点的资料, 构成与水位同步的气压和风的时间序列。用一般调和分析方法去掉半日潮潮汐分量, 并进行谱分析。同时为提取各周期分量, 采用“经验模态分解法”¹⁾分离出各周期分量的波动过程。

表 2 蓬莱非潮汐水位波动(> 20cm)月份分布(1984—1993)

Tab. 2 Monthly distribution of the nontidal fluctuations of the sea level (> 20cm) at Penglai Tide Gauge Station

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
出现次数	0	0	4	14	11	26	15	3	1	0	0	0	74
占总数的百分比(%)	0	0	5.4	18.9	14.9	35.1	20.3	4.1	1.4	0	0	0	100.1

表 3 蓬莱验潮站非潮汐水位波动(> 20cm)平均周期分布

Tab. 3 Distribution of average cycle of nontidal fluctuations of the sea level (> 20cm) at Penglai Tide Gauge Station

平均周期范围(min)	< 20		20—30	31—40	41—50	51—59	60—120	合计
	8—12	13—19						
出现次数	33	0	15	1	1	0	24	74
占总数的百分比(%)	44.6	0	20.3	1.4	1.4	0	32.4	100.1

3 三个频段水位波动的主要特征

从表 1 中看出, 除 1990 年 7 月 15 日事件(历时 29h, 实际上可看作两次事件)外, 蓬莱站所出现的非潮汐水位波动的持续时间多为 3—9h。非潮汐水位波动主要分布在各年的 4—7 月, 占总数的 89.2%, 其中 6 和 7 月出现的波动次数占总数的 55.4%(表 2)。而水位周期主要是 8—12、20—30 和 60—120min。其中 60—120min 周期出现较频且有较大波高(表 1)。下面利用几个典型大事件的实例, 分析它们的特征。

3.1 周期为 60—120min 的水位波动

选取 1985 年 6 月 2 日和 1990 年 7 月 15 日两次最大事件为例(图 2)。图 3 给出了 1990 年 7 月 15 日事件水位波动的两个分量。它们是根据“经验模态分解法”分离出来的。上述两分量最大波高分别为 28 和 88cm; 而这两种周期水位波动是本站最常见的短周期水位波动。统计期间分别出现 33 次和 24 次, 占总数的 44.6% 和 32.4%。特别引人

1) Norden E Huang *et al.*, 1997. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis.

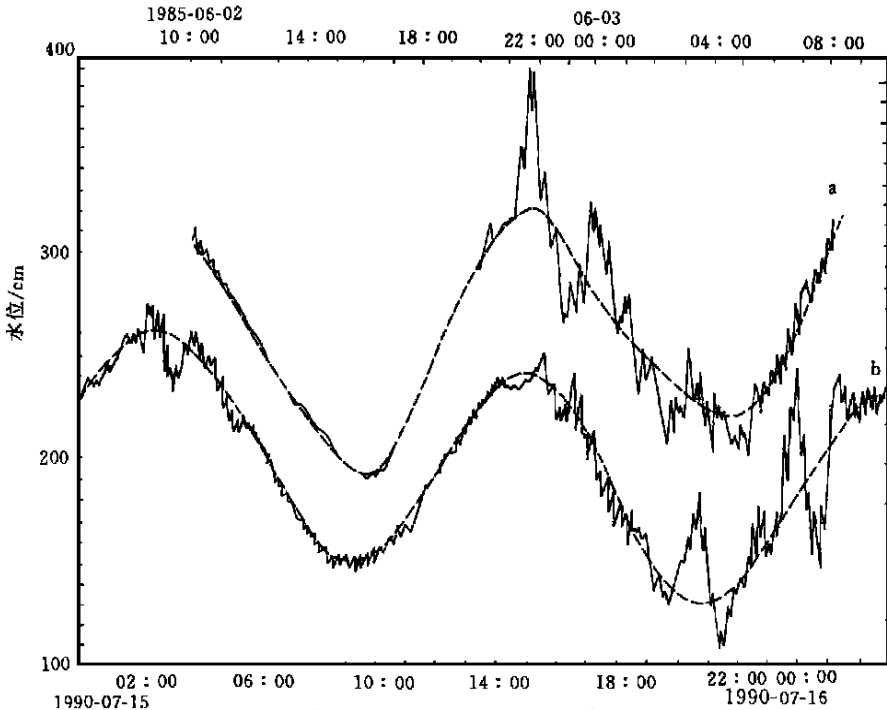


图2 蓬莱验潮站1985年6月2—3日(a)和1990年7月15日(b)水位变化

Fig. 2 Changes in the sea level on June 2nd—3rd, 1985 (a) and July 15th, 1990 (b) at Penglai Tide Gauge Station

--- 潮位曲线; ——水位曲线(以下各图相同)

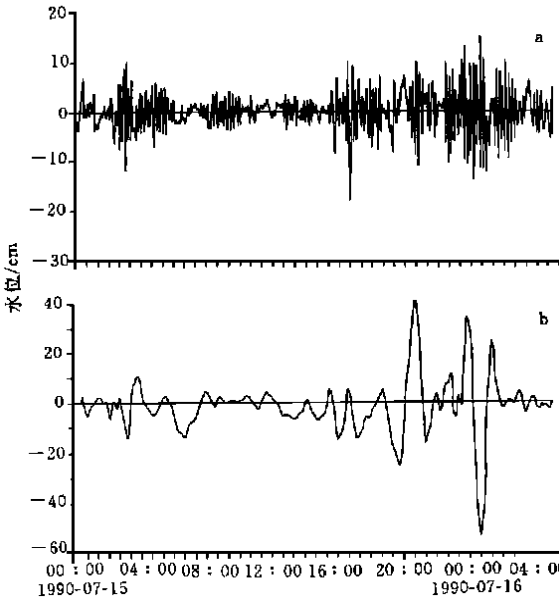


图3 1990年7月15—16日平均周期为

11.04min(a)和98.04min(b)分量的水位波动

Fig. 3 Fluctuations of sea level with average cycles of 11.04 min

(a) and 98.04min (b) components on July 15th—16th, 1990

注目的是, 第一周期分量(11.04min)与圆形小湾的基态自然周期(9.56min)较为接近。

3.2 20—30min 的水位波动

图4a是出现15次这类水位波动的一例, 它们含两个周期, 其一为11.0min, 另一为20.6min。第一周期也与小湾基态自然周期(9.56min)较为接近, 最大波高为72cm。

3.3 8—12min 周期的水位波动

此种周期的水位波动在统计期间有33次之多, 图4b是其中的一例, 其显著周期为10.8min, 与小湾基态自然周期(9.56min)较为一致, 最大波高为62cm。应当指出的是, 本周期的水位波动, 除单独出现外, 前述两种周期中均包含有这一周期的水位波动, 这就清楚表明, 本周

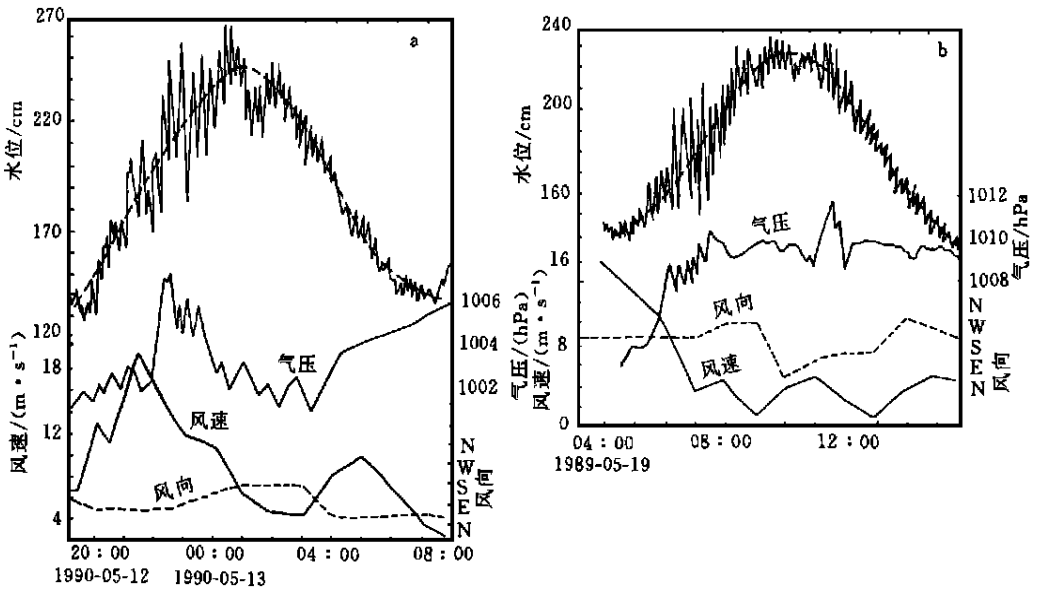


图 4 蓬莱验潮站 1990 年 5 月 12—13 日(a)和 1989 年 5 月 19 日(b)水位变化及其相应的气压和风场变化

Fig. 4 Change in sea level and its corresponding changes of air pressure and wind field at Penglai Tide Gauge Station on May 12th—13h, 1990 (a) and May 19th, 1989 (b)

期是蓬莱近岸半圆形小湾的近共振周期,任何扰动均能激发它们的产生。

4 非潮汐水位波动与风及气压变化的关系

图 4、5 显示了各典型事件水位变化与相应的气压及风变化的关系,详细考查它们的情况是十分有益的,分别叙述如下。

由图 4a 看出,NE 向大风于 1990 年 5 月 12 日 20 时突然增大(12m/s),在 21□30 达最高值(19m/s)。同时在 22 时至 22 时 15 分有一大的气压跳跃(4hPa)。其后气压约以 20—30min 周期波动。在 NE 大风和气压跳跃下激发一较大的非潮汐水位波动,其显著周期为 20.6 和 11min(谱分析结果)。

图 4b 的情况与上述情况略有不同。SSW 大风从 17m/s 下降至 3m/s。而气压却跃升 3.5hPa,其后气压以周期为 12—15min 进行波动(持续时间 1.5h)。在上述情况下激发一较大的水位波动,其周期为 10.8min。它与蓬莱近岸半圆形小湾基态周期(9.56min)甚为接近。

由图 5a 可以看出,1985 年 6 月 2 日 20 时,该站由 NE 风转为偏 S 风,风力不断增大,最后于 21□30 达最大(16m/s),水位于 21□40 达最高,比正常高潮位偏高 70cm。之后水位以平均周期约 82min 进行波动,其风速、风向也有相应的波动,特别是风向,S 风在 21□30 达最大后,很快转为偏 N 风,风速迅速下降,水位也有大的下降,其后风向又转为偏 S 风,风速也有所增大,水位也随之增高。由此,不难看出,这种较长准周期(82min)的水位波动与风速风向的波动密切相关。可以初步推断它是风场变化产生的 Ekman 输运所造成的水位波动的结果。此外,除上述周期波动外,附加的另一波动,基本上是以小湾基

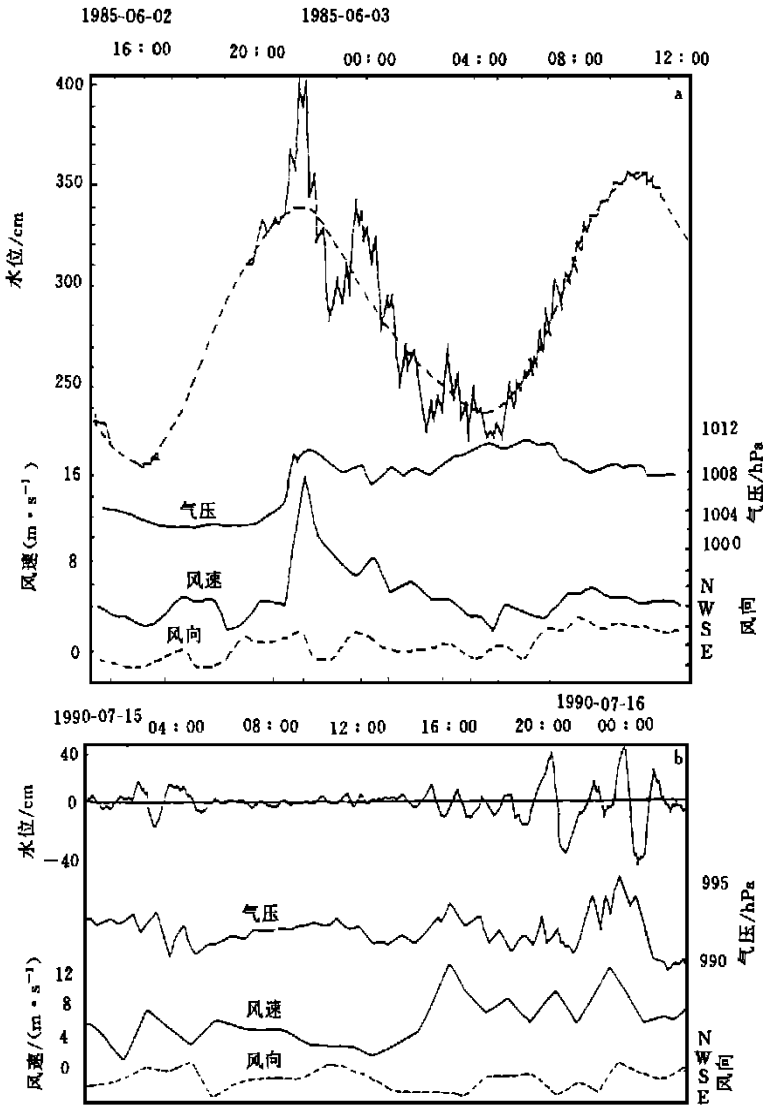


图5 蓬莱验潮站 1985年6月2日(a)和1990年7月15日(b)水位变化及其相应的气压和风场变化

Fig. 5 Changes of sea level and its corresponding changes of air pressure and wind field at Penglai Tide Gauge Station on June 2nd, 1985 (a) and July 15th, 1990 (b)

态自然周期(9.56min)波动。从图 5a 还可看到, 在大的水位波动的同时, 气压在短短的 10min 内产生大的跳跃(约 6hPa)。

图 5b 的水位曲线是分离了半日潮分量后进行三点滑动平均的结果, 情况与 1985 年 6 月 2 日事件相似, 其差别是持续时间较长, 较大振幅发生在低潮和涨潮期间。水位波动平均周期一种为 98.04min; 另一周期波动(11.04min) 接近小湾基态自然周期(9.56min)。

以上分析了 9 个个例中的 4 例, 其它 5 例与上述情况大同小异。以上个例分析表明, 偏 S、偏 N 大风和大的气压扰动是引起该站大的非潮汐周期水位波动的主要原因。其中

与小湾基态自然周期接近的水位波动, 是该站较为经常的一种水位波动, 它们是比较典型的港湾假潮。另外两种准周期(20—30、60—100min)的水位波动与风场和气压扰动密切相关, 是由于风场波动和气压波动所致。因此, 不难看出, 蓬莱小湾的假潮是由一种中、小尺度的风暴所致。

有一点必须特别指出, 在大振幅非潮汐周期水位波动的同时, 一是出现大的偏 S、偏 N 大风; 二是存在大的气压跳跃; 三是它们发生的时间大多数是在夜间。据观测员当时记载, 在大的水位波动发生时较大的天气异常。由此, 根据上述天气特征可以初步确定, 它很可能是一种中、小尺度的飚线通过所致。

5 水位波动谱和相关谱

应用谱分析方法, 可以识别隐含在序列资料中的周期波动。为此, 对 1990 年 7 月 15 日和 5 月 12 日以及 1989 年 5 月 19 日 3 个事件进行水位波动的谱分析。其资料点分别为 450、180 和 195 个, 取样间隔为 4min。谱分析结果表明, 3 个事件有 3 个显著周期(图 6), 分别为 10.8、20.6 和 98.04min。此外, 还对 1990 年 7 月 15 日事件的水位和风速以及气压作了相关谱分析, 资料点为 120 个, 取样间隔为 15min。相关谱分析表明, 在 1990 年 7 月 15 日事件中, 水位与风速在 0.5—0.65cph(即周期为 92—120min)频段有较高相关, 而水位与压力则在高频频段有较高相关。

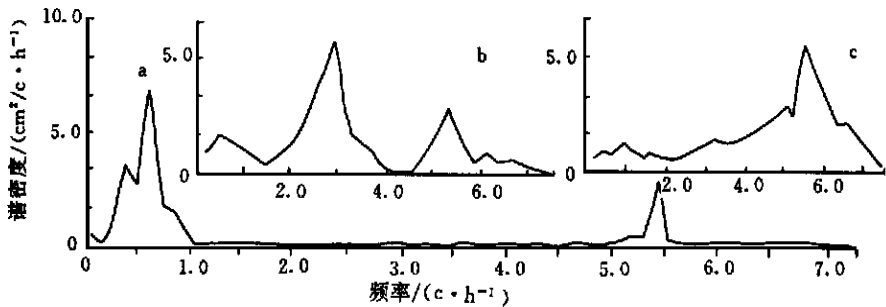


图 6 1989 年 5 月 19 日(a)、1990 年 5 月 12 日(b)、1990 年 7 月 15 日(c) 三事件水位功率谱

Fig. 6 Power spectra of sea level for the May 19th, 1989(a) the May 12th, 1990(b) and July 15th, 1990(c) events

6 结论与讨论

6.1 蓬莱近岸除潮汐周期的水位波动外, 还包含 3 种常见的较短周期水位波动。其中之一(周期约 11min)与蓬莱近岸半圆形小湾的基态自然周期较为一致, 它们是较典型的港湾假潮。

6.2 偏 S、偏 N 大风和大的气压扰动是产生上述较短周期水位波动的主要原因。

6.3 20—30 和 60—100min 的准周期水位波动与风场和气压波动密切相关, 而 11min 左右的水位波动则是上述短期风暴所引起的港湾假潮振动。

6.4 上述较短周期水位波动主要发生在春末和夏季的 6—7 月。根据出现大的较短周期水位波动时的天气条件可以推测, 这种大的较短周期水位波动很可能与中、小尺度的飚线

通过有关,这与当时观测员的记载是一致的。

Hodzic(1979)研究了亚德里亚海的假潮后指出,假潮与强的风应力事件有关。根据本文资料分析,蓬莱站的非潮汐水位波动基本上是与强风和大的气压扰动有关。当偏S大风时,由于Ekman的输运作用,海水将在该站堆积,导致水位的急剧上升,而当偏N大风时,海水将流失,引起大的水位下降。风场和气压的波动使蓬莱站水位产生大的波动。这种波动本身又激发了港湾的假潮振动。有关近60—100min准周期的水位波动不仅蓬莱站存在,与之相邻的龙口站亦经常存在(王兴铸等,1986),它们的详细机制,还有待进一步研究。

参 考 文 献

- 方国洪,王仁树,1966. 海湾的潮汐与潮流. 海洋与湖沼, 8(1): 60—77
 方国洪,于克俊,1981. 浅水港口潮汐预报的一个方法. 海洋与湖沼, 12(5): 383—391
 王腊春,周寅康,都金康等,2000. 海平面变化对太湖流域排涝的影响. 海洋与湖沼, 31(6): 689—696
 王兴铸,李坤平,余宙文,1986. 龙口港内港湾振动的概要特征. 海洋与湖沼通报, 2: 1—5
 Hodzic M, 1979. Exceptional oscillations in the bay of Vella Luka and meteorological situation on the Adriatic, 1 course. Int Sch Meteorol Mediterranean. Erice. Italy: MIT Press, 95—106
 Wilson B W, 1972. Seiches. Advan Hydrosci, 8: 1—94

NONTIDAL FLUCTUATION OF THE SEA LEVEL IN PENGLAI COASTAL AREA

LIU Zan-Pei, CHEN Ze-Shi, YAN Li-Nong, ZOU E-Mei

(First Institute of Oceanography State Oceanic Administration, Qingdao, 266061)

Abstract The nontidal fluctuation of sea level at Penglai tidal observatory is studied by using the 1984—1993 data of sea level curve of automatic tide gauge. Analysis of the data shows that such fluctuations of sea level often occur at this region. They have a large wave highs and the largest value can reach 124cm which exceeds the tidal range of semi-diurnal tide (107cm) on the same day. They mainly involve fluctuations of three frequency bands. Their cycles are 8—12, 20—30 and 60—120min, respectively. The nature of the above mentioned fluctuations of sea level are described in this paper, particularly seiches caused by them. Meanwhile, by an analysis of the factors giving rise to the fluctuation of sea level the main cause of the larger amplitude fluctuations of sea level is identified.

Key words Nature cycle, Seiche, Nontidal fluctuation of the sea level