

# 龙口港湾大振幅假潮的成因分析

刘赞沛<sup>1</sup>, 陈则实<sup>1</sup>, 宋万先<sup>1</sup>, 邹娥梅<sup>1</sup>

(1. 国家海洋局 第一海洋研究所, 山东 青岛 266003)

**关键词:** 大振幅假潮; 耦合共振; 气压扰动; 冷锋

**中图分类号:** P731.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0253-4193(2001)01-0120-07

## 1 引言

龙口湾位于山东半岛北部, 莱州湾东北隅, 为莱州湾的一个附属海湾. 海湾湾口朝向西南, 湾廓近似半圆形, 属半封闭海湾. 龙口验潮站位于湾顶(图 1), 水深 7 m<sup>1)</sup>.

龙口港湾的假潮以它的大振幅和多发性著称. 据验潮站水位资料统计, 该湾波高大于 20 cm 的假潮, 在 1963~1993 年 30 a 间(缺 1990 年)共发生 274 次, 年均 9 次. 其中波高大于 50 cm 的较大振幅假潮事件有 84 次; 波高大于 80 cm 的大振幅假潮事件也有 24 次之多<sup>[1]</sup>. 它的大振幅假潮可与地中海巴利阿里群岛西岸的锡尤达得拉(Ciutadella)港的大振幅假潮相比较<sup>[2,3]</sup>. 特别是 1980 年 9 月 1 日发生的特大振幅假潮事件, 其最大波高为 307 cm, 超过日本长崎港 1979 年 3 月 31 日的假潮<sup>[4]</sup>的最大波高(278 cm), 为该站平均潮差(91 cm)的 3.3 倍. 据目击者称, 1980 年 9 月 1 日特大振幅假潮发

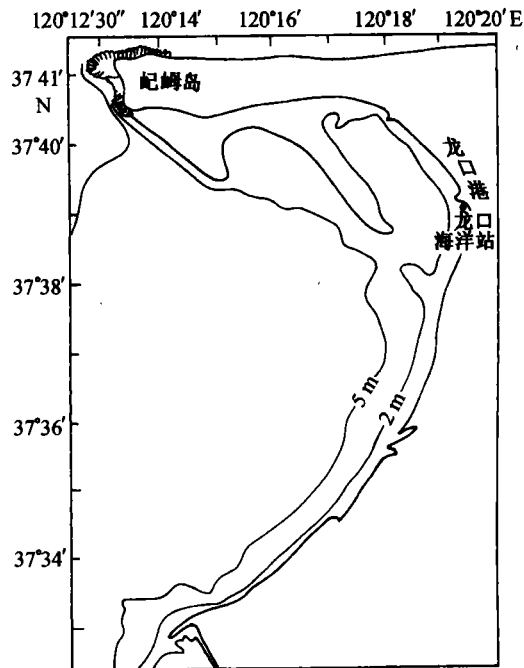


图 1 龙口湾地形图

收稿日期: 1999-12-18; 修订日期: 2000-05-20.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(49676281); 山东省科委科技计划专项(1996 年第 40 号).

作者简介: 刘赞沛(1940—), 男, 湖南省宁乡县人, 研究员, 从事物理海洋学研究.

1) 龙口验潮站 1980 年以前位于龙口港 10 号码头, 水深 7 m. 1990 年后移至 1 号码头, 水深 10 m.

生时,海水淹没了码头和海岸以及部分低洼地区,码头进水达数十厘米,造成了一定灾害.但到目前为止,对这一突出海洋现象,虽有少量文章给予了报道<sup>[1,5]</sup>,但对其成因却很少进行深入研究.本文利用龙口验潮站水位自记曲线和海洋站的风速、风向以及气压自记曲线资料和相应的地面天气图,对这一现象作了较深入的分析和研究,试图揭示引起这一现象的主要动力原因和基本生成机制.

## 2 资料来源和处理

本文所用原始水位资料,取自国家海洋局北海分局龙口验潮站的水位自记曲线记录,气压和风的资料取自与龙口验潮站相邻的龙口海洋站或气象站的气压和风的自记记录.

对于波高大于 100 cm 的短周期水位波动,分别将其开始时刻、持续时间、最大波高和初估周期以及最大波高时的风速、风向,按时间顺序摘录在龙口验潮站假潮参数表(表 1)中.

表 1 龙口验潮站(波高大于 100 cm)假潮参数表(1963~1993 年)

日期	开始时刻	持续时间/h	最大波高/cm	初估周期/min	最大波高时		峰值出现时 潮位状态
					风速/ $m \cdot s^{-1}$	风向	
1963-10-15	22:00		102	139			高潮时
1964-06-11	01:00	8	128	180			高潮时
1966-06-22	20:00	14	* 134	90			涨潮中
1968-06-08	22:08	9	* 170	115			高潮时
1971-07-30	17:16	5	* 108	90			落潮中
1974-07-12	02:30	3	* 120	105			高潮时
1975-03-15	19:56	5	140	210			低潮时
1975-05-04	10:07	9	* 137	87	24.0	SSE—NNW	落潮时
1976-06-11	01:10	7	102	96	15.3	SE	低潮时
1977-07-03	03:40	3	115	38			落潮中
1978-08-19	00:30	4	* 142	90	12.3	S—NW	高潮时
1980-07-24	20:00	6	* 163	96	15.7	S	高潮时
1980-09-01	19:00	14	* 307	96	23.7	N	高潮时
1980-10-19	13:30	12	* 100	96			涨潮中
1985-08-03	02:00	3	* 152	112	18.0	S—NW	高潮时
1986-07-15	20:00	8	* 135	80	12.3	S	落潮中
1986-08-10	06:00	3	112	60	11.7	NE	低潮中

为了分析对比,对表 1 中所列大振幅假潮事件,我们从验潮站水位自记曲线上,以 10 min 的取样间隔摘录水位值,组成水位时间序列;同时从龙口海洋站或气象站的气压和风速、风向自记曲线上,以 10 min 或 15 min 的取样间隔摘录相应的气压和风速、风向值构成与水位同步的气压和风速风向的时间序列.将上述水位资料,用一般调和分析方法滤去水位变化的半日潮分量,并对部分事件进行了谱分析.

### 3 大振幅假潮概况

在引言中已指出,龙口港湾波高大于或等于 80 cm 的大振幅假潮,在 1963~1993 年 30 a 间共发生 24 次;而波高大于 100 cm 的大振幅假潮也有 17 次(见表 1),且多集中于春末和夏季(5~8 月),共发生 14 次,占总次数的 82%. 其振动周期在 80~110 min 的频率为 65%. 大振幅假潮大多数出现在高、低潮时刻,占总数的 64.7%. 在表 1 中带 \* 号的 11 个个例中有 6 个事件的水位振动情况与 1980 年 9 月 1 日事件基本相似(图 2). 因此,我们重点分析讨论 1980 年 9 月 1 日的特大振幅假潮事件,并分析它产生的主要动力原因和生成机制.

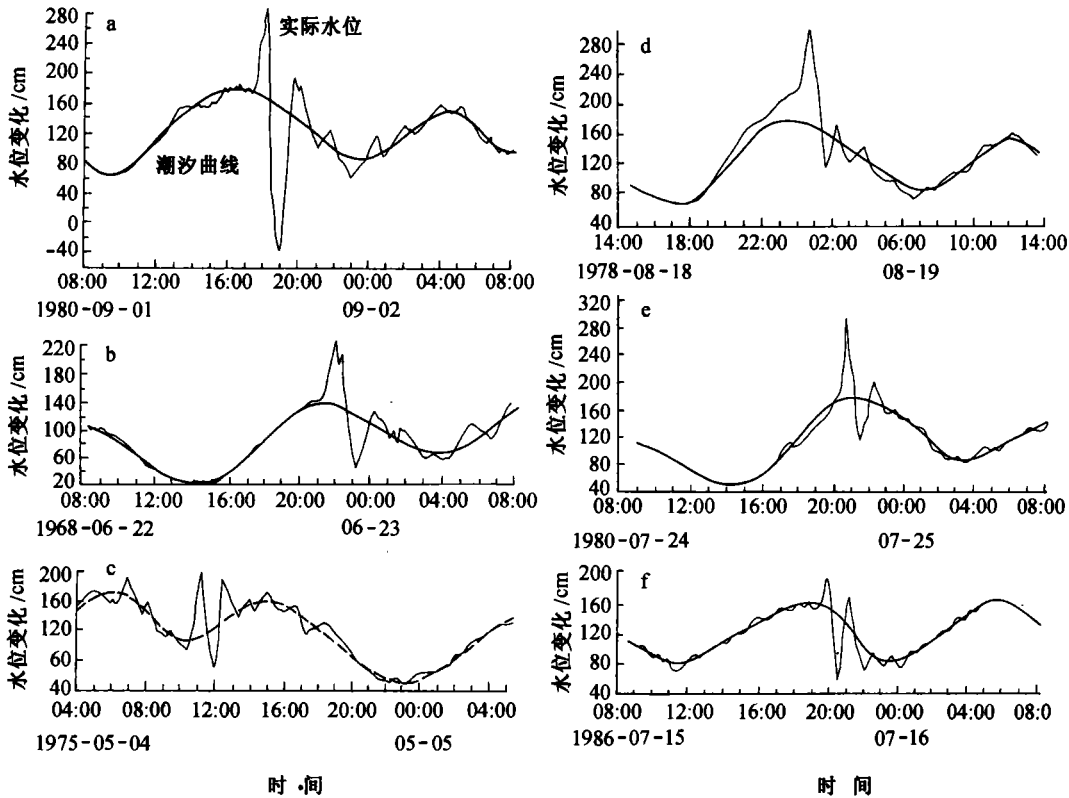


图 2 6 个大振幅假潮事件的水位变化

a. 1980 年 9 月 1 日 b. 1968 年 6 月 22 日 c. 1975 年 5 月 4 日,  
d. 1978 年 8 月 19 日 e. 1980 年 7 月 24 日 f. 1986 年 7 月 15 日

### 4 龙口港湾的本征振荡周期与非潮汐水位波动周期

龙口港湾北起妃姆岛高角,南至界河口,口宽 13.4 km,属半封闭式海湾.海湾长度 9.75 km,平均水深约 5.0 m,湾口平均水深为 7.0 m. 根据龙口湾的地形尺度,我们近似地把该湾视为具有斜底的矩形海湾,并采用改进的梅立恩公式<sup>[6]</sup>,  $T_1 = 2.618 \times 2L / (gh)^{1/2}$ , 算出该湾的纵向基态固有周期为 94.0~101.9 min(其中,  $L$  等于 9.75 km,为湾顶至湾口的轴线长度,  $h$  取湾口平均低潮面水深和平均高潮面水深,分别为 7.45 m 和 8.36 m).

由图3看出,该站的非潮汐水位波动的显著周期为80~103 min.同时由表1也可看出,波高大于100 cm的非潮汐短周期水位波动,其周期在80~112 min之间,约占总数的65%.因此,龙口港湾非潮汐大振幅水位波动的周期,大多数与该湾的纵向基态自然周期接近.根据Wilson<sup>[6]</sup>对假潮的阐述:沿岸假潮现象,在许多情况下是一种强迫共振或近共振的振荡.认识到沿岸假潮既是一种自由振动又是一种强迫振动现象很重要.当长周期波作用在湾口或进入海湾,振荡就是强迫的;当这些强迫停止,假潮就是自由振荡,而且它的振动具有系统的固有特征,即系统以它具有的固有周期作振动.因此,上述事实表明:龙口港湾大多数非潮汐短周期水位波动,特别是大振幅短周期水位波动基本上属于一种港湾假潮振动.

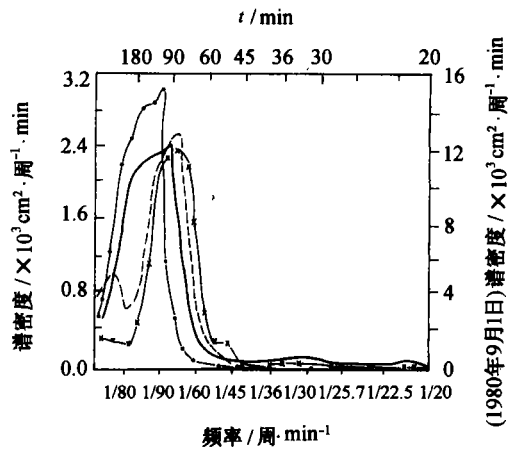


图3 4个大振幅假潮事件水位波动功率谱  
 -----1975年5月4日 ————1980年7月24日  
 - · - 1980年9月1日 - × - 1986年7月15日

## 5 成因分析

由上述个例分析和谱分析表明,龙口港湾的非潮汐短周期水位波动,大多数是以港湾的纵向本征振荡周期作振动.它们是叠加在潮汐曲线上的短周期副振动(见图2).因此,这些短周期大振幅水位波动与港湾假潮存在着密切的联系.但是,这里必须特别强调指出,它们与龙口港湾的风暴潮增、减水现象有着明显的不同.首先,就物理本质来说,风暴潮是由强风暴引起的一种大的增、减水现象;而假潮则与港湾自然周期有关,是由外强迫力引起的一种耦合共振或近共振所产生的一种较大的水位波动.另外,假潮的周期一般为数分钟至数十分钟.其持续时间只不过数小时;而风暴潮的情况则不同,根据郭洪寿等人<sup>[7]</sup>的研究,龙口港湾风暴潮的持续时间一般为20~40 h,周期为18~20 h.因此,它们的时间尺度相差甚远.其次,就它们的空间尺度来说,也有很大差异,例如,黄海、渤海区风暴潮发生时,几乎涉及到整个黄海、渤海沿岸,而假潮多是个别港湾的一种孤立现象.表1中所列的龙口港湾17次波高大于100 cm的大振幅假潮事件与文献[8]中所列的龙口站1963~1986年期间发生的增、减水 $\Delta H \geq 1$  m或 $\Delta H \geq 2$  m的风暴潮进行比较可以看出,除1980年9月1日外,凡大振幅假潮发生时均未发生风暴潮.另外,从1980年9月1日20时的地面天气图(图4b)看到,其天气形势是西北为高压,其东和南为低压,与典型风暴潮的气压配置“北高南低”型或“西高东低”型的天气形势仍然有一定的差异.同时我们从地面天气图(图4b)还可看到,事件中整个渤海区并无东北大风存在.因此,无论是时间尺度还是空间尺度上,假潮与风暴潮均存在着明显的差异.

根据大多数假潮事件发生时地面天气图分析,在事件发生时,渤海经常有自西向东移动的冷锋存在.根据龙宝森等<sup>[2]</sup>的研究指出,气旋冷锋以西型(A型)最易导致海湾的假潮.冷锋过

2) 龙宝森,陈则实.渤海假潮的气象学成因[J].海洋与湖沼,待刊.

境后,风向突变,风速加大,地面气压出现明显扰动.另根据历史资料记载<sup>[7]</sup>,冷锋东移速度,每天移动6~10个纬距,即速度为7~13 m/s.冷锋过境时,能引起偏北或偏南大风.同时还能引起2~6 hPa的气压扰动.例如,1980年9月1日08时,冷锋位于渤海西岸大约117°E(图4a).同日20时,它已东移至122.5°E左右(图4b),平均东移速度为0.67 km/min(11.2 m/s),并在龙口站引起了约6 hPa的气压升高(图5).如假定冷锋移动速度代表气压扰动的移动速度,即假设气压扰动以0.67 km/min的速度在渤海上空移动,那么,气压扰动引起的浅水长波,将以0.79 km/min(渤海平均深度为18 m)的速度向东传播.如只考虑渤海南部(平均水深为14 m),则浅水长波将以0.70 km/min的速度向东传播.海波向东传播速度与气压扰动移动速度甚为接近.这在物理上由于相速一致,将导致海洋波的耦合共振或近共振.这可能就是为什么在每年的5~10月,我们在渤海东部沿岸经常观测到周期为80~110 min的较大振幅水位波动的原因.例如,1985年6月2日,东移的增幅波在进入登州浅滩后,由于耦合共振,导致蓬莱验潮站出现了平均周期为82 min,最大波高为124 cm的大振幅水位波动<sup>3)</sup>.同时,在龙口验潮站也观测到最大波高为97 cm的水位波动.

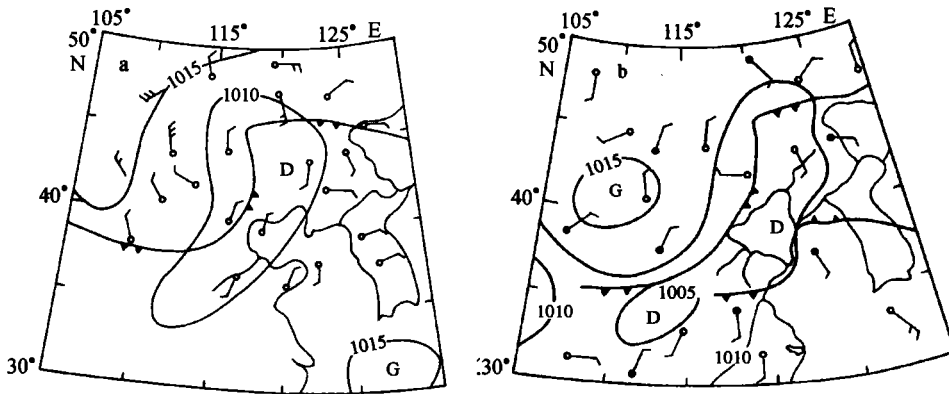


图4 地面天气图

a. 1980年9月1日08:00 b. 1980年9月1日20:00

按照兰柏和普劳德曼<sup>[6]</sup>的耦合近共振的动力放大率公式  $\eta/\eta_0 = C^2/(C^2 - V^2)$  (其中  $\eta_0$  为原水位,  $\eta$  为增幅水位,  $C$  为水波波速,  $V$  为冷锋移动速度,即气压扰动传播速度),以1980年9月1日为例,将它们的  $C$  和  $V$  值代入,则其放大率为3.5(由于摩擦作用,实施放大率要小).假定气压扰动平均为3 hPa,在渤海西岸,由于“负压效应”引起的振幅为3 cm的海水波动,由于耦合近共振的结果,将在龙口港湾的湾口产生波高约为20 cm的较大水位波动.如按振幅为6 cm的水波计算,则在龙口港湾的湾口波高可达42 cm.当这种东传增幅长重力波入射龙口港湾后,由于龙口港湾可以起到选频作用,即对于周期为80~110 min的波动可以引起再次的耦合共振.这种情况与1979年3月31日发生在日本长崎湾的大振幅假潮<sup>[4]</sup>极为相似.

由以上分析,我们可以得出如下基本认识:每年的5~10月,由于渤海经常存在冷锋的东

3) 刘赞沛,陈则实,等. 蓬莱近岸非潮汐水位波动[J]. 海洋与湖沼,待刊.

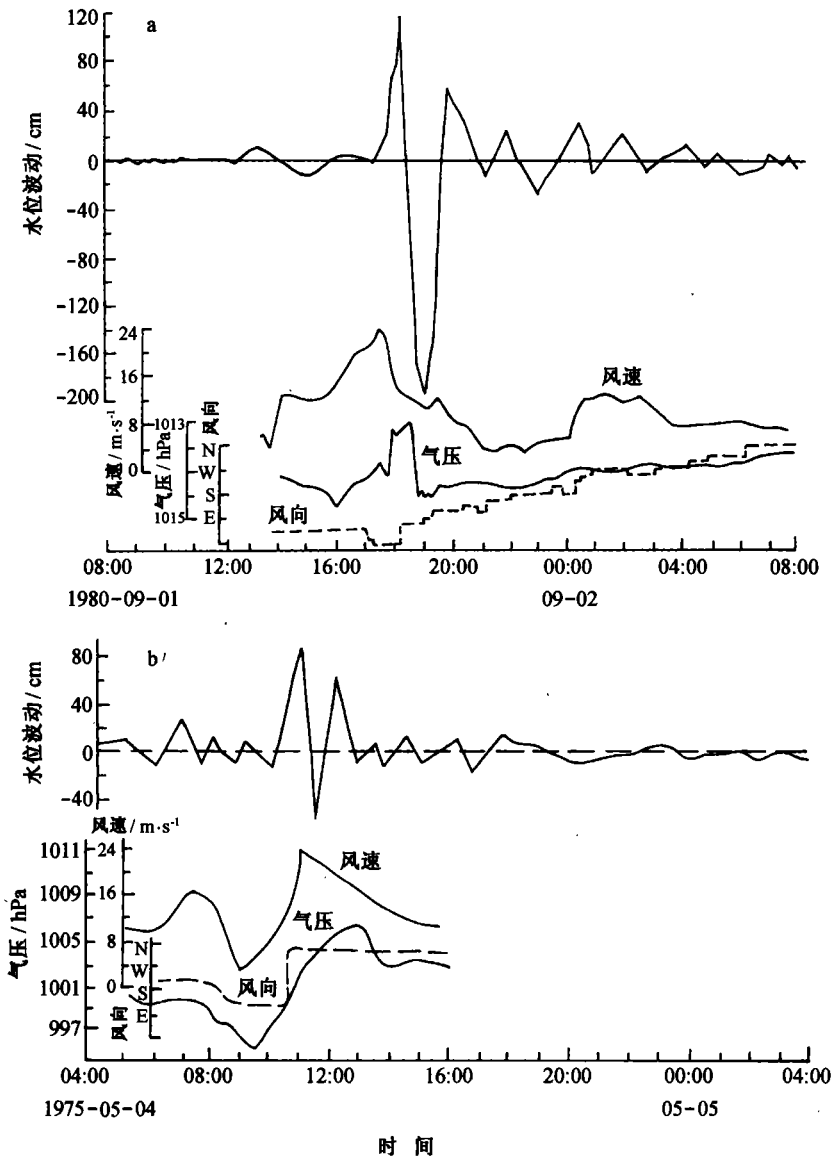


图5 非潮汐水位波动和相应的风向、风速、气压的变化  
a. 1980年9月1日 b. 1975年5月4日

移活动,这种冷锋过境经常产生2~6 hPa的气压扰动,由于移动的气压扰动与它所激发的浅水长波有相近的速度.因此,极可能使海波产生耦合共振或近共振.这种海波从渤海西岸向东传播过程中不断增幅.当这种增幅的海洋波列入射龙口港湾后,与龙口港湾的纵向基态自然周期再行耦合共振,从而导致了该湾出现较大振幅的耦合共振假潮.令人遗憾的是,我们缺少龙口港湾湾口和口外的水位长期观测资料.尽管如此,但在与龙口相邻的蓬莱验潮站,经常可以观测到周期为80~110 min的较大振幅的水位波动.其最大波高可达88 cm和124 cm<sup>3</sup>).这也许可以作为一种间接的证据.总之,对这一机理的深入研究,还有待于进一步的观测和数

值模拟研究;而本文则主要以观测事实为主,揭示龙口港湾假潮的性质和产生的基本原因。

## 6 结论

**6.1** 龙口港湾非潮汐短周期水位波动在 1963~1993 年 30 a 间,波高大于 20 cm 的假潮有 53% 的事件周期为 80~110 min,特别是波高大于 100 cm 的事件中有 65% 的事件,其周期为 80~112 min. 因此,这些水位波动与该湾的纵向基态自然周期(94.0~101.9 min)接近. 表明这些非潮汐短周期大振幅水位波动是一种港湾假潮振动。

**6.2** 从大量假潮事件发生时的地面天气图分析发现,在渤海南部均有冷锋东移活动存在. 同时冷锋过境时引起了气压扰动,其值一般在 2~6 hPa 之间. 这种冷锋东移与渤海气旋活动有关。

**6.3** 由移动的气压扰动(冷锋东移)与它所激发的浅水长波的近共振导致了向东传播的增幅海洋长波波列. 它们入射龙口港湾后,与该湾的纵向基态自然周期再行耦合共振,可能是龙口港湾出现大振幅假潮的主要动力原因和基本机制。

### 参考文献:

- [1] 陈则实,李坤平. 山东半岛沿岸的大振幅假潮[J]. 黄渤海海洋,1999,17(4):1~12.
- [2] GOMIS D, MONSERRAT S, TINTORE J. Pressure-forced seiches of large amplitude in inlets of the Balearic Islands [J]. J G R, 1998, 98(C8):14 437~14 495.
- [3] GARCIES M, GOMIS D, MONSERRAT S. Pressure-forced Seiches of large amplitude in inlets of the Balearic Islands, 2. Observational study [J]. J G R, 1996, 101(C3):6 453~6 467.
- [4] TOSHIYUKI H, KINGIRO K. Origin of the *Abiki* phenomenon (a kind of seiche) in Nagasaki Bay [J]. J Oceanogr Soc Japan, 1982, 38:172~182.
- [5] 王兴铸,李坤平,余宙文. 龙口港内港湾振动的概要特征[J]. 海洋湖沼通报,1986,(2):1~5.
- [6] WILSON B W. The Encyclopedia of Oceanography [Z]. Encyclopedia of Earth Sciences Series, Vol. 1, Donden, Hutchinson and Ross. Inc. Stroudsburg Pennsylvania, 1966. 804~817.
- [7] 郭洪寿,王喜年,赵俊昌. 黄渤海温带风暴潮的初步分析[J]. 风暴潮,1981,(2):6~15.
- [8] 杨华庭等主编. 中国海洋灾害四十年资料汇编(1949~1990)[Z]. 北京:海洋出版社,1993.22~30.

## A cause giving rise to large amplitude seiches in the Longkou Bay

LIU Zan-pei<sup>1</sup>, CHEN Ze-shi,<sup>1</sup> SONG Wan-xian<sup>1</sup>, ZOU E-mei<sup>1</sup>

(1. First Institute Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China)

**Key words:** large-amplitude seiche; coupling resonant; atmospheric pressure disturbance; cool front