

# 渤、黄海假潮的气象学成因\*

龙宝森 陈则实

(国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266061)

**提要** 对渤、黄海 14 个主要海湾的原始验潮记录进行了分析,从中筛选出水位变化幅度大于或等于 50cm 的 54 个假潮个例,着重分析了伴随假潮过程的天气形势,把可能引发假潮的天气形势归纳为 4 种基本类型。分析结果显示:绝大多数(92%)引发假潮的天气个例都与锋面活动有关;所有个例中低层大气基本上都是弱静力稳定的,且都具有较强的垂直风速切变。根据观测事实和稳定度理论分析认为,低层大气的弱静力稳定层结以及由垂直风速切变引起的剪切不稳定性,是假潮气象学成因的一种必要条件和物理机制。

**关键词** 假潮,天气型,大气重力波

**中图分类号** P73

对假潮的研究(刘凤树,1986;刘赞沛等,2001),特别是对假潮的气象学成因问题的研究,已有一些报道。赤松英雄(1982)和 Hibiya 等(1982)首先发现一种被称为大气重力波的气压扰动与日本长崎湾大振幅潮有密切关系,并把这种气压扰动作为外强迫力引进数值模式,成功地模拟了该湾的大振幅假潮。稍后 Monserrat 等(1991,1992)、Gomis 等(1993)再次通过西班牙巴尔厄立克群岛的观测研究和数值模拟说明大气重力波可以引发大振幅假潮。Monserrat 等(1992)根据他们观测的 4 个个例和有关研究,讨论了有利于产生大气重力波的天气形势和高空大气结构,结果指出:大气重力波活动与锋面关系密切;在测站上游高空有急流存在,并据此认为大气中下层的剪切不稳定性可能是产生重力波的一种扰动源;逆温层的存在对逆温层以下重力波的维持和水平传播是重要的。Monserrat 等(1992)还同时指出,产生大气重力波的必要条件和物理机制还需要更多的研究。

日本(Hibiya *et al.*, 1982)和西班牙(Monserrat *et al.*, 1991)等都曾观测到水位变化幅度超过 200cm 的假潮,我国龙口也发现过水位变化幅度达 293cm 的假潮,超过 100cm 的假潮更是多次发现(王兴铸等,1986)。考虑到假潮可能造成的灾害以及目前对假潮的成因和机制还不甚了解,更不能预报,因而有必要对假潮的气象学成因做进一步的研究。本文不仅分析了渤、黄海海湾 54 个水位变化幅度大于或等于 50cm 的假潮个例<sup>1)</sup>,分析了伴随的天气形势,将其归纳为 4 种基本类型,着重分析其垂直大气结构和稳定度特征,探讨可引发假潮的天气过程的共性,而且根据运动学和稳定度理论讨论了产生重力波的必要

\* 国家自然科学基金项目,4967628 号;山东省科技计划专项合同,96 第 40 号。龙宝森,男,出生于 1939 年 12 月,研究员, Fax: 0086- 532- 2879562

收稿日期: 1999- 05- 14, 收修改稿日期: 2001- 05- 16

1) 国家海洋局海洋站原始验潮分析

条件和机理, 试从观测事实和理论分析两方面揭示假潮气象学成因的部分物理机制。

## 1 可能形成假潮的天气形势

### 1.1 天气型分类

对渤、黄海沿岸包括大连、秦皇岛、塘沽、龙口、烟台、青岛及连云港等 14 个主要海湾的验潮记录进行筛选, 找出水位变化幅度大于或等于 50cm 的 54 个假潮个例(个别台站未出现大于或等于 50cm 的假潮, 大于 40cm 的也选入), 从天气图上找出假潮发生时的天气形势, 经分类归纳为 4 种基本天气类型, 列于表 1。由表 1 可知, 在 4 种有利于较大振幅假潮发生的天气型中, A 型出现频率最高, 占个例总数的一半。主要出现在夏半年, 冬季出现很少, 12 月没有。其次为 B 型, 出现频率占总数的 39%。C 型和 D 型出现频率都很低, 各仅占总数的 6%, 且都出现于春夏之交。总之, 从出现频率的年变化看, 以夏季为最多, 约占全年的 52%, 其次是春季, 占 26%, 冬季最少, 仅占全年的 6%。从天气形势分析看, 本研究结果与 Uccellini 等(1987)一致, 在他们总结的发生于美国的 13 个大气重力波个例中, 每个个例都伴随锋面活动, 其中有近半数个例锋面位于重力波发生区域的偏东南方向。

表 1 伴随较大振幅假潮的天气类型统计

Tab. 1 Weather types associated with seiches of large amplitudes

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	总数(%)
气旋冷锋以西(A 型)	1	2	1	1	6	3	1	5	2	2	3		27(50)
冷锋以东高压以西(B 型)			1	1		4	10	3	2				21(39)
锋面气旋暖锋北(C 型)				1	1	1							3(6)
高压以西低压以东(D 型)				1	1	1							3(6)
月总数	1	2	2	4	8	9	11	8	4	2	3		54

注: 数字为该类型出现次数; 括号内数字为该类型出现次数百分比

### 1.2 天气类型描述

**1.2.1 气旋冷锋以西型(A 型)** 这种天气型最容易导致海湾的假潮。冷锋过境后, 风向突变, 风速加大, 地面气压出现明显扰动。图 1a 所示是一次东北低压冷锋过境过程。冷锋过测站(大连)后约 2h 大连湾开始出现假潮, 约 2h 后水位变化幅度达到 73cm(图 2a)。在这种天气形势下, 多数个例中测站高空西北都有急流存在, 少数没有急流, 测站上空风速垂直切变也较大。

**1.2.2 冷锋以东高压以西型(B 型)** 图 1b 示出这类天气型的一个例, 这次过程导致龙口湾水位变化幅度达 156cm 的假潮(图 2b)。实际上这种天气型又可分为两种具体情况: 一是冷锋前有一大陆入海高压, 测站在冷锋前与高压后边缘区域, 这种情况较少, 仅占 B 型总数的 19%; 第二种情况是测站在冷锋以东和海上副热带高压西部边缘之间, 这种情况占 B 型总数的 81%。测站在 B 型影响下, 地面风向、风速变化不如 A 型那么明显, 气压有明显扰动, 测站上空风速垂直切变较大。

**1.2.3 锋面气旋暖锋北型(C 型)** 如图 1c 所示, 发生假潮的测站(大连湾)位于江淮气旋暖锋以北, 测站以北有一低压, 中心在我国东北北部。在这种天气形势影响下, 地面

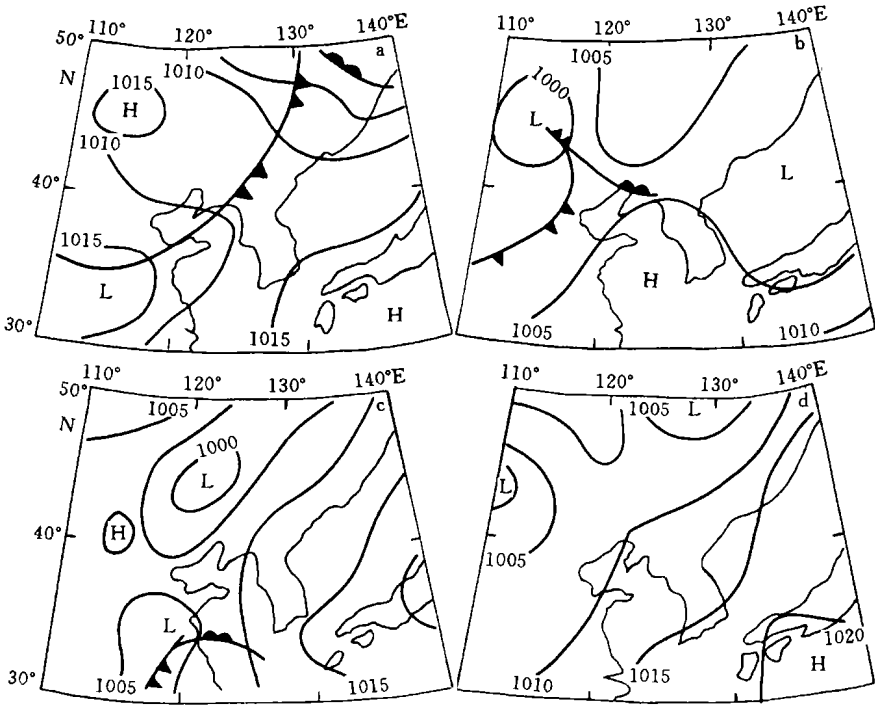


图1 伴随大振幅假潮的天气形势(等值线单位: hPa)

Fig. 1 Weather conditions associated with seiches of large amplitude (in hPa)

- a. A型, 1986- 05- 18, 08 00; b. B型, 1980- 07- 24, 20 00;
- c. C型, 1980- 06- 07, 08 00; d. D型, 1982- 05- 24, 08 00

L表示低压; H表示高压; 黑半圆串表示暖锋; 黑三角串表示冷锋

风向、风速变化亦不如A型明显。

1.2.4 高压以西低压以东型(D型) 图1d给出这种天气型的一个例。测站位于大陆入海冷高压后与大陆低压之间, 低压中心在我国内蒙。假潮发生前后地面风向、风速变化不如A型明显, 测站高空垂直风速切变较大。

除上述4种基本天气类型外, 在所见到的国内外研究个例中, 与台风和飑线活动有关的假潮个例也偶有发现, 但在本研究的54个个例中并未发现这两种情况。

## 2 大气重力波形成的必要条件和机制

以上讨论的天气形势都是天气尺度的, 时间尺度为几天, 而导致假潮的大气重力波则是中小尺度, 其时间尺度仅为几分钟至几个小时。它们之间的联系和物理机制如下。

### 2.1 大气层结弱静力稳定的必要性

2.1.1 观测事实 通过分析导致假潮发生的54个天气过程可知, 假潮发生时测站均不在天气系统的对流区和强下沉气流区内, 大气层结都是弱静力稳定的。图3给出上述4种天气型个例的温度垂直分布, 显然它们都满足弱静力稳定条件。Monserrat等(1992)在分析西班牙产生假潮的天气形势时也指出低层大气层结是弱静力稳定的。

2.1.2 理论分析 大气重力波是由重力和浮力维持的。假定一气体块受到某种扰动

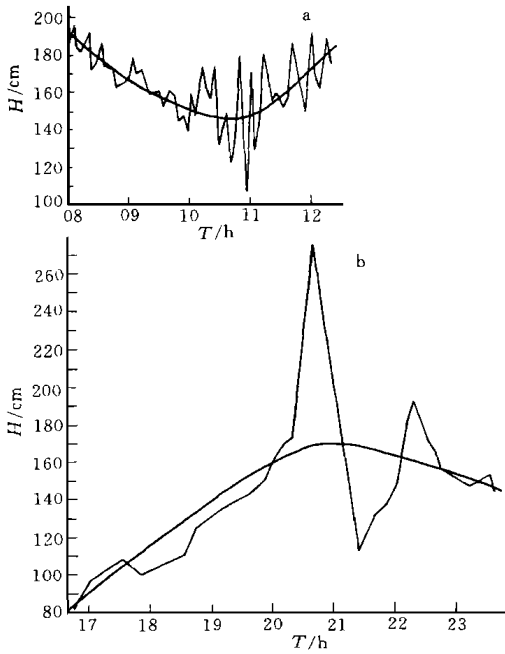


图 2 假潮过程验潮记录(平滑曲线为天文潮高)

Fig. 2 Tide-gauge records of seiches (the smooth curve is the tide curve)

a. 大连湾, 1986- 05- 18; b. 龙口湾, 1980- 07- 24

后上升至一定的高度, 此时其运动状态由下式决定,

$$a = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial Z} - g \quad (1)$$

式中,  $a$  为加速度;  $\rho$  为空气密度;  $P$  为气压;  $Z$  为高度;  $g$  为重力加速度。再利用准静力学方程和大气温度垂直递减率公式可导出下式(北京大学地球物理系气象教研室, 1976)。

$$a = \frac{\gamma - \gamma_d}{T} \Delta Z \quad (2)$$

式中,  $\gamma$  和  $\gamma_d$  分别为大气实际垂直递减率和干绝热减温率;  $T$  为绝对温度。这样可根据式(2)判断气块运动状态。

(1)  $\gamma < \gamma_d$ , 当大气层结稳定时, 由于  $a < 0$ , 气块做减速运动, 升到一定高度时开始下降, 由于浮力越来越大, 下降到某一高度时气块又开始上升。如此循环往复, 这是形成波动的必要条件。

(2)  $\gamma > \gamma_d$ , 当大气层结不稳定时,  $a > 0$ , 气块继续上升运动, 形成对流, 不可能形成波动。

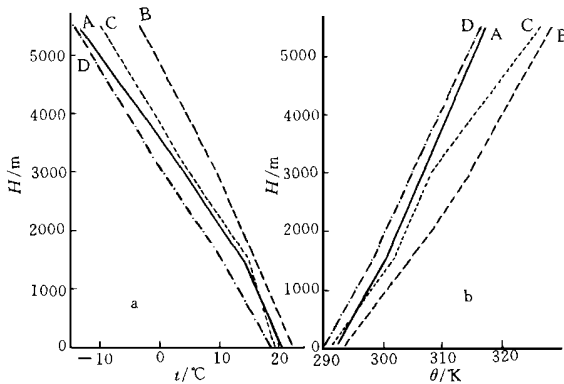


图 3 气温、位温垂直分布

Fig. 3 Vertical distribution of air temperature and potential temperature

(3)  $\gamma = \gamma_d$ , 当大气处于中性层结下, 气块随遇而安, 也不可能产生波动。

由式(2)可知, 只有当大气具有稳定层结时, 才具备形成波动的条件。值得指出的是, 在强稳定状态下, 由于强下沉气流作用, 也不可能产生波动。本结论与观测事实吻合。

## 2.2 大气的剪切不稳定性是波动的源

由流体力学可知(吴望一, 1983), 边界层内流体随着水平速度垂直切变的增大, 流体将由平稳流逐渐变成波状流, 当切变大到一定程度, 波状流会发生突变而成为湍流。垂直切变的作用称为剪切不稳定性, 这种不稳定由流体的涡度引起,  $\frac{\partial u}{\partial Z}$  越大, 涡度越大,  $\frac{\partial u}{\partial Z}$  的存在使流体呈现涡旋运动状态。流体的这种特性可能成为流体由平稳流向波状流过渡的源。

一般用里查森数  $R_i = \frac{g}{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial Z} \left( \frac{\partial u}{\partial Z} \right)^{-2}$  衡量大气的动力稳定性。当  $\frac{2\theta}{\partial Z} > 0$  ( $\theta$  为位温), 表明大气层结是静力稳定的,  $\frac{2\theta}{\partial Z}$  小, 而  $\frac{\partial u}{\partial Z}$  大, 则  $R_i$  小。观测研究(Monserrat *et al*, 1991, 1992)表明里查森数小有利于大气重力波的形成。图 3、图 4 分别示出 4 种天气型对应的位温和风速随高度分布。计算表明在 4 种情况下低层大气中  $R_i$  都比较小。

## 2.3 气象要素的扰动

观测表明, 在由天气因素引发的假潮过程中, 气象要素, 如风场、气压场等都发生明显的变化, 尤其当测站在 A 种天气型影响下, 除气压突然升高外, 气压梯度和风向发生几乎相反的变化, 这种变化对大气而言无疑是一种扰动。当大气层结处于弱静力稳定状态, 且具有一定的垂直风速切变时, 扰动可促使波动的形成, 即扰动可成为大气重力波的促发机制。

## 3 结论

在总结个例分析的基础上, 把可能引起假潮的天气形势归纳为 4 种天气型, 同时经大气动力不稳定性及静力稳定两方面分析, 得到以下初步结论。

3.1 观测和理论分析都说明, 大气具有弱静力稳定层结是产生大气重力波的必要的背景条件。

3.2 大气具有一定的动力不稳定性, 即低层大气具有较大的风速垂直切变, 是大气重力波扰动的源。

3.3 在具备上述二条件的情况下, 大气的扰动是一种激发机制, 可促进波动的产生。

## 参 考 文 献

- 王兴铸, 李坤平, 余宙文, 1986. 龙口港内港湾振动的概要特征. 海洋湖沼通报, 2: 1—5  
 北京大学地球物理系气象教研室, 1976. 天气分析和预报. 北京: 科学出版社, 45—49  
 刘凤树, 1986. 胶州湾假潮现象的初步分析. 海洋与湖沼, 17(1): 45—56  
 刘赞沛, 陈则实, 鄢利农等, 2001. 蓬莱近岸非潮汐水位波动. 海洋与湖沼, 32(4): 363—370  
 吴望一, 1983. 流体力学(下册). 北京: 北京大学出版社, 238—269

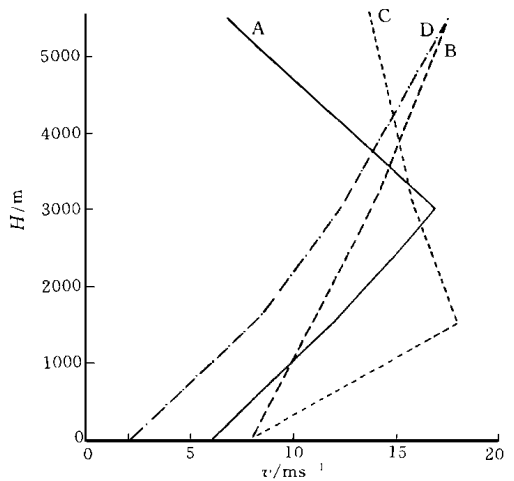


图 4 风速垂直分布

Fig. 4 Vertical distribution of wind speed

- 赤松英雄, 1982. 长崎港の (あびき). 气象研究所研究报告, 33(2):95—115
- Gomis D, Monserrat S, Tintore J, 1993. Pressure forced seiches of large amplitude in inlets of the Balearic island. J G R, 98(C8): 14437—14445
- Hibiya, Kajura, 1982. Origin of the Abiki phenomenon (a kind of seiche) in Nagasaki bay. J Oceanogr Soc Japan, 38:172—182
- Monserrat S, Ibbetson A, Thorpe A J, 1991. Atmospheric gravity waves and the Rissaga phenomenon. Q J R Meteorol Soc, 117: 553—570
- Monserrat S, Thorpe A J, 1992. Gravity wave observations using an array of microbarographs in the Balearic islands. Q J R Meteorol Soc, 118: 259—282
- Uccellini L W, Koch S E, 1987. The synoptic setting and possible energy sources for mesoscale wave disturbances. Mon Weather Rev, 115: 259—282

## THE METEOROLOGICAL ORIGIN OF SEICHE IN BOHAI SEA AND YELLOW SEA

LONG Bao-Sen, CHEN Ze-Shi

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

**Abstract** The original tide records of 14 bays in Bohai Sea and Yellow Sea have been analyzed. 54 seiche cases in which the variations in sea level height  $\geq 50\text{cm}$  are chosen among all the seiche processes. The corresponding weather conditions are also analyzed and induced to 4 basical weather types that can result in seiches: (1) Type A—the observational station is located west of a cyclonic cold front; (2) Type B—the station is located east of a cyclonic cold front and at the west edge of a high pressure; (3) Type C—the station is located north of a cyclonic warm front; (4) Type D—the station is located at the west edge of a high pressure and the east of a low pressure. Analytical results show that the most weather cases (92% percent) resulting in seiches are accompanied by cyclonic fronts; in fifty percent of these cases the station is located west of the cyclonic cold front and a jet stream exists above the station or upstream. The stratifications of mid-low level atmosphere are basically weak static stability in all the cases, with strong vertical wind shears. Based on the study of weather conditions and the stability theoretical analyses, the mid-low level atmosphere with the weak static stability stratification is a necessary background condition for the occurrence of atmospheric gravity wave and the combination of the weak static stability with the shearing instability caused by the vertical wind shear is one of physical mechanisms of meteorological causes for seiche occurrence. And cyclonic front activities are the most favourable weather background for this mechanism.

**Key words** Seiche, Weather types, Atmospheric gravity wave