

涠洲岛海域潮流不对称的偏度判别研究*

Quantifying Tidal Current Asymmetry in the Weizhou Island Zone Basing on the Skewness Method

李谊纯, 董德信, 赖俊翔, 姜发军, 陈波

LI Yi-chun, DONG De-xin, LAI Jun-xiang, JIANG Fa-jun, CHEN Bo

(广西科学院 广西近海海洋环境科学重点实验室, 广西南宁 530007)

(Guangxi Key Laboratory of Marine Environmental Science, Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China)

摘要:【目的】潮流不对称现象是潮波运动的基本特征之一, 潮流不对称的量化及适用性是近海潮波动力学的重要研究内容。采用涠洲岛附近海域 1988 年 10 月 6 日~1989 年 3 月 9 日实测的分层(10m、20m 和 30m)潮流数据对涠洲岛附近海域的潮流不对称现象进行研究。【方法】首先对实测资料进行调和与分析得出余流及 35 个分潮, 进而基于调和与分析结果利用潮流不对称偏度判别法对实测潮流数据的潮流不对称进行计算。【结果】研究认为, 在 u 方向(W-E), 虽然垂向上流速大小有变化, 但均为正向不对称, 且其不对称程度基本相同。在 v 方向(N-S), 10m 层和 20m 层流速均为负向不对称, 30m 层呈正向不对称, 三者量值上由上层向下逐渐增大。在各层次各方向上, 对潮流不对称贡献最大组合的均为余流及余流与分潮的相互作用, O1、M2 和 MO3 分潮的相互作用以及 K1、M2 和 MK3 分潮的相互作用对潮流不对称的贡献亦不能忽略, 其量值能达到甚至超过 O1、K1、M2 的贡献。潮波进入浅水发生变形, 导致潮流不对称的影响因素在浅水和深水海域不同。【结论】涠洲岛附近海域潮流不对称具有明显的垂向变化, 10m、20m 层与 30m 呈现不同的不对称特征。潮流不对称偏度判别法在较深水海域同样具有适用性。

关键词: 涠洲岛 潮流不对称 倍潮 偏度判别法

中图分类号: P731.23 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9164(2014)01-0073-04

Abstract: 【Objective】 Tidal current asymmetry is one of the fundamental characters and its quantification and application are important topics in the field of tidal dynamics. Measured tidal current of three layers(10m, 20m and 30m) from October 6, 1988 to March 9, 1989 was adopted to analysis the tidal current asymmetry in the Weizhou Island Zone. 【Method】 The residual current and 35 tidal constituents were obtained by harmonic analysis, then the tidal current asymmetry was computed through the skewness method. 【Result】 In u direction (W-E) tidal current asymmetry is positive and of almost constant degree though the amplitudes of tidal currents are vertically different. In v direction (N-S) tidal current in 10m-layer and 20m-layer is positive while it is negative in 30m-layer. The degree increased downward. The first contribution is residual current and the interaction between residual current and tidal constituents in each layer and each direction. The contributions of O1/M2/MO3 and K1/M2/MK3 are also un-neglectable and their contribution maybe lager than that of O1/K1/M2 in some cases. 【Conclusion】 The distortion of tidal wave in shallow water is account for the different exhibition between shallow water and deep sea.

Key words: Weizhou island, tidal current asymmetry, overtide, skewness method

收稿日期: 2013-11-12

修回日期: 2013-12-30

作者简介: 李谊纯(1977-), 男, 工程师, 主要从事河口海岸学研究。

* 广西自然科学基金北部湾重大专项(2011GXNSFE018002, 2011GXNSFEA053001)资助。

【研究意义】潮波进入近海及河口, 由于水深、地形等因素的影响, 形态发生改变。潮波变形对于泥沙

运动、地形地貌变化、盐度输运及污染物迁移都有着重要的影响。【前人研究进展】早期的研究多集中于半日潮海区,利用 M2 分潮及其倍潮波 M4、M6 分潮之间振幅与相位的相对关系研究潮波在近岸变形的程度与方向^[1~4]。而在全日潮海区,潮汐运动中其主要作用是 K1、O1 等分潮,而 M2、M4 等分潮的作用则处次要位置,所以在半日潮海区的研究方法不能应用于全日潮海区。Ranasinghe 利用概率分布及频谱方法研究了不同分潮间的能量迁移,进而研究了全日潮海区的潮汐不对称现象^[5]。Nidzieko 提出用统计学中“偏度”的计算方法研究潮汐和潮流不对称现象并在美国西海岸河口做了应用研究^[6]。Song 在 Nidzieko 研究的基础上,导出了潮汐不对称的计算方法并对全球多个站的潮位资料进行了研究^[7]。然而,在河口近岸地区,对于物质输运,流速比潮位有更直接的关系。所以,在近海海域仅研究潮汐不对称是不够的,潮流不对称的计算则更为重要。在泥沙输运方面, van De Kreeke 等利用潮流不对称进行了推移质输沙的研究^[8], Sivakholundu 等基于潮汐不对称进行了河道稳定性方面应用^[9]。李谊纯推导了包括余流及其它不同分潮组合对潮流不对称及推移质输运的计算方法,将潮流不对称与泥沙输运的计算联系起来,为研究推移质泥沙的输运机制及长期净输运提供了便利^[10]。【本研究切入点】潮流不对称偏度判别法主要针对河口海湾等潮波变形剧烈区域而在水深较大的海域则应用很少。【拟解决的关键问题】本研究基于实测潮流数据将潮流不对称偏度判别法应用于涠洲岛附近海域,对该海域的潮流不对称性质及该方法在深水水域的适用性进行初步研究。

1 数据与分析方法

采用 1988 年 10 月 6 日~1989 年 3 月 9 日实测的分层(10m、20m 和 30m)潮流数据,共计 3720 h,图 1 给出了实测站位位置。首先将各层实测潮流数据分解为 W-E(u)向和 N-S(v)向两个分量,采用 T-Tide^[11]对实测潮流分别在两个方向上进行调和分析。每个流速时间序列得出余流及 35 个分潮。

当分布对称时,所有奇数阶中心矩为零。对潮流流速而言,涨潮流和落潮流的不对称是以零流速为参照的,其中心矩没有物理意义。所以,潮流的奇数阶原点矩可以作为潮流不对称的度量方法,如果流速过程是对称的,那么其奇数阶原点矩应为零。以三阶原点矩为例,可得:

$$\gamma_v = \frac{E[(v)^3]}{(E[(v)^2])^{\frac{3}{2}}}, \quad (1)$$

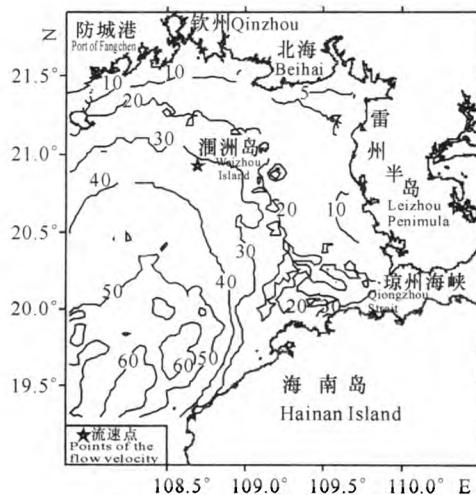


图 1 涠洲岛海域水深/(m)

Fig. 1 Topography adjacent to the Weizhou Island / (m)

其中 v 为流速。式(1)中的分母仅是用来对三阶原点矩的无量纲化,也可以采用其它形式。若 $\gamma_v > 0$,则正向流速过程强于负向流速过程,反之若 $\gamma_v < 0$,则负向流速过程强于正向流速过程,其量值大小反映了流速不对称的程度。在河道内潮流一般为往复流,可近似认为各分潮流速长轴方向一致。设某方向上的流速分量可写成:

$$v = \sum_{i=0}^N v_i = \sum_{i=0}^N f_i \cos(\omega_i t - \theta_i), \quad (2)$$

其中,下标“0”表示余流, f 、 ω 和 θ 分别为分潮流速的振幅、频率和位相, N 为分潮数。将式(2)代入式(1)经推导可得:

$$\gamma_v = \frac{1}{[f_0^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N (f_i^2)]^{\frac{3}{2}}} \left[\sum_{\substack{\omega_i + \omega_j = \omega_k \\ i \neq j \neq k}} \frac{3}{2} f_i f_j f_k \cdot \cos(\theta_i + \theta_j - \theta_k) + \sum_{\substack{2\omega_i = \omega_j \\ i \neq j}} \frac{3}{4} f_i^2 f_j \cos(2\theta_i - \theta_j) + \sum_{i=1}^N \frac{3}{2} f_i^2 f_0 \cos(\theta_0) + f_0^3 \cos(\theta_0) \right], \quad (3)$$

其中 θ_0 为 0 或 π 。式(3)等号右端方括号第 1 项和第 2 项分别代表了频率满足 $\omega_i + \omega_j - \omega_k = 0$ 的 3 个分潮的组合和频率满足 $2\omega_i - \omega_j = 0$ 的 2 个分潮的组合对潮流不对称的贡献,二者的正负由组合中分潮的相对位相决定。第 3 项、第 4 项分别为分潮与余流相互作用及余流对潮流不对称的影响。

2 涠洲岛潮流不对称分析

式(3)所表示的潮流不对称的量化方法包含了潮波变形的影响,也包含了径流及径流与潮流相互作用对潮流不对称的贡献。为了进一步研究该式在深水海域的适用性,本节基于实测潮流数据将本方法应用于涠洲岛附近海域。表 1 给出了利用式(3)计算的不

同分潮(余流)组合对两方向潮流不对称的贡献。

由表 1 可以看出, u 方向上的 γ_v 值在各层次基本相同, 说明在 u 方向, 虽然垂向上流速大小有变化, 但潮流不对称均呈正向不对称, 且其不对称程度基本相同。在 v 方向上, 10m 层和 20m 层流速均为负向不对称, γ_v 值分别为 -1.480 和 -1.631; 30m 层呈正向不对称, γ_v 值为 1.756, 三者量值上由上层向下逐渐增大。表明 v 方向上的潮流不对称在垂向上有很大变化, 在物质输运方面, v 方向的上、下层可能存在方向的不同。

表 1 还给出了每个层次对潮流不对称贡献最大的 4 个组合及其量值。可以看出在各层次各方向上, 对潮流不对称贡献最大组合的均为余流及余流与分潮的相互作用, 即余流相关项。除在 10m 层的 v 方向上的第四贡献为 M2/M4 组合外, 其它均为 3 分潮的组合: O1/M2/MO3、O1/K1/M2 和 K1/M2/MK3。说明在全日潮海域, 半日潮 M2 及其倍潮波迭加导致的潮流不对称很弱, 传统的潮汐(潮流)不对称判别方法在全日潮海域不适用。表 1 给出的第二贡献的分潮组合包括除 O1/K1/M2 外还包括 O1/M2/MO3, 这说明以前文献中仅用 O1、K1 和 M2 分潮判断全日潮海域的潮流不对称存在一定缺陷, O1、M2 和 MO3 分潮的相互作用以及 K1、M2 和 MK3 分潮的相互作用对潮流不对称的贡献亦不能忽略, 其量值能达到甚至超过 O1、K1、M2 的贡献, 这也说明外海传入的复合潮波和倍潮波对潮流不对称有一定影响, 在数值模拟工作中给定边界条件时应予考虑。各方向和各层次的第一贡献均为余流相关项, 其量值大于第二贡献的 O1/K1/M2 或 O1/M2/MO3 组合一个量级, 说明在远离近岸的水深较大的海域, 潮汐变形不大, 其对潮流不对称的影响也很弱。而余流相关的贡献很大, 需要在该海域余流产生机制方面做进一步研究。

为了比较式(3)在深水海域与河口近岸浅水区的适用性及不同水深海域潮流不对称的影响, 表 2 给出了北仑河口潮流不对称的计算结果。B1、B2 和 B3 点由口门向外海依次位于北仑河口外主航道上。由表 2 可以看出, 在 B1、B2 点, 对潮流不对称贡献最大的均为余流相关项, 其次为 O1/K1/M2, 再次分别为 K1/M2/MK3 和 O1/M2/MO3 分潮组合。在 B3 最大为 O1/K1/M2 分潮组合, 其次分别为 K1/M2/MK3 和余流。其量值大于 O1/M2/MO3 和 K1/M2/MK3 组合的贡献一个量级, 余流也是重要贡献之一。因此可以认为由于潮波进入浅水发生变形导致了潮流不对称的影响因素在浅水和深水海域不同。

表 1 WZ10-3 站潮流不对称计算结果

Table 1 Calculation of tidal current asymmetry of station WZ10-3

层次 Layer	10m		20m		30m	
方向 Direction	u	v	u	v	u	v
γ_v	0.946	-1.480	1.004	-1.631	0.993	1.756
1	R	R	R	R	R	R
	0.828	-1.397	0.893	-1.410	0.954	1.411
2	O1/M2/ MO3	O1/K1/ M2	O1/M2/ MO3	O1/K1/ M2	O1/M2/ MO3	O1/K1/ M2
	0.063	-0.120	0.065	-0.167	0.0242	0.187
3	K1/M2/ MK3	K1/M2/ MK3	K1/M2/ MK3	K1/M2/ MK3	K1/M2/ MK3	O1/M2/ MO3
	0.061	0.011	0.063	-0.037	0.019	0.045
4	O1/K1/ M2	M2/M4	O1/K1/ M2	O1/M2/ MO3	O1/K1/ M2	K1/M2/ MK3
	-0.020	0.009	-0.042	-0.028	-0.016	0.037

表 2 北仑河口潮流不对称计算结果

Table 2 Calculation of tidal current asymmetry in the Beilun River estuary

站位 Station	B1	B2	B3
水深 Water depth (m)	1.5~2.0	1.5~2.0	5.4
γ_v	-1.047	-0.669	-0.200
1	R	R	O1/K1/M2
	-0.741	-0.307	-0.323
2	O1/K1/M2	O1/K1/M2	K1/M2/MK3
	-0.241	-0.262	0.055
3	K1/M2/MK3	K1/M2/MK3	R
	-0.062	-0.047	0.054
4	O1/M2/MO3	O1/M2/MO3	O1/M2/MO3
	-0.019	-0.023	0.027

3 结论

在涠洲岛海域 u 方向上的潮流不对称均呈正向不对称且其不对称程度基本相同。在 v 方向上, 10m 层和 20m 层流速均为负向不对称, 30m 层呈正向不对称, 潮流不对称在垂向上由上层向下逐渐增大。在物质输运方面 v 方向的上、下层可能存在方向的不同。在各层次各方向上, 对潮流不对称贡献最大组合的均为余流及余流与分潮的相互作用, 仅用 O1、K1 和 M2 分潮判断全日潮海域的潮流不对称存在一定缺陷, O1、M2 和 MO3 分潮的相互作用以及 K1、M2 和 MK3 分潮的相互作用对潮流不对称的贡献亦不能忽略, 其量值能达到甚至超过 O1、K1、M2 组合的贡献。外海传入的复合潮波和倍潮波在数值模拟工作中给定边界条件时应予考虑。在远离近岸的水深较大的海域, 潮汐变形不大, 其对潮流不对称的影响

也很弱。潮波进入浅水发生变形导致了潮流不对称的影响因素在浅水和深水海域不同。

参考文献:

- [1] Aubrey D G, Speer P E. A study of non-linear tidal propagation in shallow inlet/estuarine systems. Part I: Observations[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1985, 21: 185-205.
- [2] Speer P E, Aubrey D G, Friedrichs C T. Nonlinear hydrodynamics of shallow tidal inlet/estuary systems [C]//Parker B B. Tidal Hydrodynamics. New York: Wiley, 1991: 319-339.
- [3] Friedrichs C T, Aubrey D G. Non-linear tidal distortion in shallow well-mixed estuaries: A synthesis[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1988, 27(5): 521-545.
- [4] Blanton J O, Lin G, Elston S A. Tidal current asymmetry in shallow estuaries and tidal creeks[J]. Continental Shelf Research, 2002, 22: 1731-1743.
- [5] Ranasinghe R, Pattiaratchi C. Tidal inlet velocity asymmetry in diurnal regimes[J]. Continental Shelf Research, 2000, 20: 2347-2366.
- [6] Nidzieko N J. Tidal asymmetry in estuaries with mixed semidiurnal/diurnal tides[J]. Journal of Geophysical Research, 2010, 115, C08006, doi: 10. 1029/2009JC005864.
- [7] Song D H, Wang X H, Kiss A E, et al. The contribution to tidal asymmetry by different combinations of tidal constituents[J]. Journal of Geophysical Research, 2012, 116, C12007, doi: 10. 1029/2011JC007270.
- [8] van De Kreeke J, Robaczewska K. Tide-induced residual transport of coarse sediment: application to the EMS estuary[J]. Netherlands Journal of Sea Research, 1993, 31 (3): 209-220.
- [9] Sivakholundu K M, Mani J S, Idichandy V G, et al. Estuarine channel stability assessment through tidal asymmetry parameters [J]. Journal of Coastal Research, 2009, 25 (2): 315-323.
- [10] 李谊纯. 潮流不对称与推移质泥沙长期净输运[J]. 泥沙研究, 2013, 5: 21-26.
- Li Y C. On relationship between tidal current asymmetry and long-term bed load net transport[J]. Journal of Sediment Research, 2013, 5: 21-26.
- [11] Pawlowicz R, Beardsley B, Lentz S. Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE[J]. Computers and Geosciences, 2002, 28: 929-937.

(责任编辑: 陆雁)

广西农业科技攻关和良种选育取得新进展

新闻时间: 2014-1-13

彩色的马铃薯、耐寒的罗非鱼、自主研发的超级稻……最近几天,大家在广西新技术新产品交流交易会上看到的这些农业新品种,实际上都是我区近年来的农业科研新成果。1月10日,记者从全区农村科技工作会上获悉,我区加快良种培育中心的建设,加强良种选育攻关,农业科技项目与良种选育均取得了新的进展。

科技兴农,良种先行。2013年我区安排科技经费450万元,支持12个良种培育中心和海南南繁基地建设,开展甘蔗、木薯、玉米、罗非鱼繁育试验研究,建立罗非鱼新核心种群早繁示范基地1个,成功繁育罗非鱼苗1.4亿尾,实现全年生产。在农作物新品种选育上,通过自治区农作物品种审定委员会审定自主研发的农作物新品种有82个,占审定数的80%;通过国家审认定的林木品种2个、畜禽品种1个、水稻2个(超级稻1个);广西农业科学院选育的“桂彩薯1号”和“桂农薯1号”马铃薯,填补了广西无自主选育马铃薯品种的空白。

据不完全统计,2013年全区累计引进、繁育、示范推广农业优良新品种775个,引进、示范推广农业先进技术566项,研发农业新产品、新技术数414个(项),农业良种覆盖率平均达92.2%。一系列自治区重大农业科技专项的实施,为我区粮食增产、农产品有效供给和“舌尖上的安全”,为丰富“米袋子”、“菜篮子”、“钱袋子”提供了有效的科技支撑和服务。

(摘自广西新闻网)