

# 关于潮汐与潮流性质不同海区 全潮观测日期选择的分析

胡筱敏<sup>1,2</sup>, 熊学军<sup>1,2</sup>, 陈超<sup>3</sup>, 王冠琳<sup>1,2</sup>, 吴伦宇<sup>1,2</sup>

(1. 国家海洋局 第一海洋研究所, 山东 青岛 266061;

2. 海洋环境科学与数值模拟国家海洋局重点实验室, 山东 青岛 266061;

3. 深圳中广核工程设计有限公司, 广东 深圳 518029)

**摘 要:**全潮海流观测中常利用工程海区附近验潮站潮汐预报结果来确定大、中、小潮观测时间,但这种方法在潮汐性质与潮流性质不同的海区并不适用。以广东陆丰碣石海域为例,用传统潮位法进行全潮观测日期选择,并提出应用潮流法进行观测日期的选择。对 2 种方案进行分析比较,选取潮流法确定的观测日期进行 2012 年冬、夏两个航次的全潮观测。潮流观测结果分析表明,潮流法选择的全潮海流观测日期基本符合各潮次典型性、代表性特征。在这种海区开展全潮海流观测时,宜从潮流角度来选取各潮次观测日期。

**关键词:**全潮海流观测; 潮汐性质; 潮流性质; 观测日期; 碣石海域

中图分类号: P731.21

文献标识码: A

文章编号: 1671-6647(2013)04-0446-09

在近海工程建设中,有关工程选址、水工建筑物和航道布置、抛泥地选择、作用于水工建筑物上的水动力和船舶系靠力以及泥沙淤积和冲刷等问题,均应考虑当地的海流状况。全潮海流观测为近海工程建设中了解工程海域海流状况、获取有关海流参数的一个基本手段<sup>[1]</sup>。绝大多数近岸海区的潮汐与潮流性质相同或相近,因此在开展全潮海流观测时,通过工程海区或附近验潮站潮汐的预报结果来确定大、中、小潮观测时间一般都能符合各个潮期海流观测的代表性要求<sup>[2-5]</sup>。

但也存在少数海区,潮汐与潮流性质并不相同,如渤海秦皇岛附近海域、东营港附近海域,黄海烟台附近海域、连云港外海,南海陆丰碣石附近海域、海南岛东北部海域等,这些海区或潮汐为半日潮性质、潮流为日潮性质,或二者正好相反<sup>[6]</sup>。对这类海区,单纯用附近潮汐测站的预报结果来确定全潮海流观测各个潮次的观测时间明显存在不合理性<sup>[7]</sup>,在以往这些海域的工程应用实例中,曾出现过全潮海流观测资料代表性不好,给其后的工程设计带来困难的现象。

以广东陆丰碣石海域为例(图 1),根据碣石及附近的遮浪、甲子等地的潮汐观测数据显示,碣石海域向西至遮浪一带海域潮汐为不正规日潮海区,甲子海域为正规日潮海区;而据碣石附近海域海流观测资料显示,这一海域海流为正规半日潮流或不正规半日潮流性质。在这种潮汐与潮流性质不同的海域开展全潮海流观测时,不能依照常规方式来确定观测时间。针对这一情况,以陆丰碣石海域为例,分别用潮位法和潮流法开展 2012 年冬季与夏季航次全潮海流观测时观测日期的选择,并进行方案优选,现场实际观测后,利用观测结果对观测日期选择的合理性、代表性进行论证。

收稿日期: 2012-12-29

资助项目: 国家重点基础研究发展计划——太平洋印度洋对全球变暖的响应及其对气候变化的调控作用(2012CB955601); 国家自然科学基金——黄海暖流的多时相特征及其发生机制研究(41376038); 国家海洋局海洋公益性行业科研专项——常用海底声纳测量仪器计量检测关键技术与示范应用(2013418034); 环境保护部公益性行业科研专项——滨海核电厂温排水对海域环境影响后评估的关键技术研究(201409089)

作者简介: 胡筱敏(1974),女,湖北广水人,副研究员,博士,主要从事区域海洋动力学与调查技术方面研究。E-mail: huxm@fio.org.cn

(高 峻 编辑)

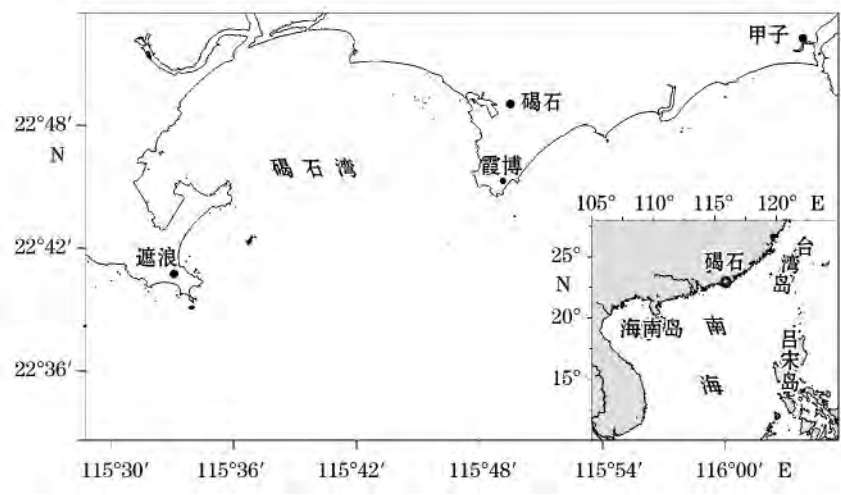


图 1 广东陆丰碣石海域示意图

Fig. 1 Location of the Jieshi Sea area in Lufeng of Guangdong

1 全潮海流观测日期的选取

1.1 利用潮位法选取全潮海流观测日期

潮位法为全潮海流观测普遍采用的观测日期选择方法。

采用碣石海域实测的一年潮位资料(观测站位:22°44′43″N,115°48′18.2″E;观测时间:2006-05—2007-04)进行调和分析,得出各分潮调和常数,应用调和常数预报每日高低潮的潮高和潮时,计算潮差( $H$ ),根据日平均潮差进行 1 a 的潮差累积频率统计,潮差累积频率曲线见图 2。

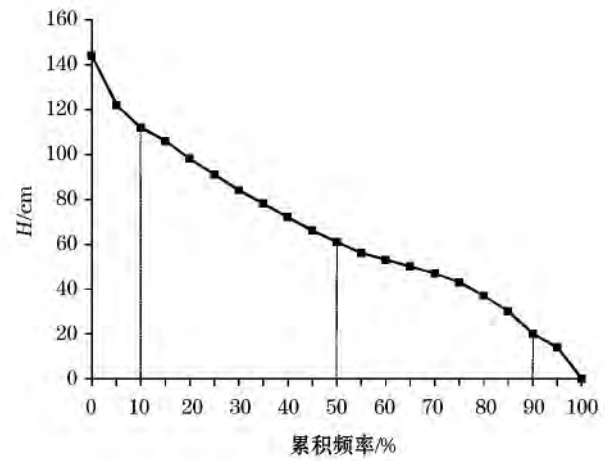


图 2 碣石海域潮差累积频率曲线

Fig. 2 The cumulative frequency curve of tidal range in the Jieshi sea area

根据各观测时段内的日平均潮差,按潮差累积频率的要求,确定 2012 年冬、夏季大、中、小潮的观测日期(表 1)。如遇天气或其它不可抗力影响则从大潮或小潮开始顺延至下一个周期。

表 1 利用潮位法挑选的大、中、小潮海流观测时间表

Table 1 The time schedule for observing the entire tidal hydrology by using tidal-level method

| 冬 季 |                                |      |              | 夏 季 |                              |      |              |
|-----|--------------------------------|------|--------------|-----|------------------------------|------|--------------|
| 潮 次 | 观测时间                           | H/cm | 潮差累积<br>频率/% | 潮 次 | 观测时间                         | H/cm | 潮差累积<br>频率/% |
| 小潮  | 2012-02-12-13<br>(农历正月廿一~廿二)   | 42   | 90~95        | 大潮  | 2012-07-02-03<br>(农历五月十四~十五) | 137  | <5           |
| 中潮  | 2012-02-14-15<br>(农历正月廿三~廿四)   | 67   | 45~50        | 中潮  | 2012-07-06-07<br>(农历五月十八~十九) | 61   | 55~60        |
| 大潮  | 2012-02-18-19<br>(农历正月廿七~廿八)   | 119  | 5~10         | 小潮  | 2012-07-09-10<br>(农历五月廿一~廿二) | 43   | 90~95        |
| 中潮  | 2012-02-21-22<br>(农历正月三十~二月初一) | 66   | 45~50        | 中潮  | 2012-07-12-13<br>(农历五月廿四~廿五) | 58   | 60~65        |
| 小潮  | 2012-02-25-26<br>(农历二月初四~初五)   | 34   | >95          | 大潮  | 2012-07-17-18<br>(农历五月廿九~三十) | 115  | 5~10         |

从表 1 中对应的潮差累积频率看,计划观测时间对应的预报潮差基本满足该海域累积频率统计结果 10%,50%,90% 潮差要求,符合潮汐大、中、小潮的要求。

利用潮位法挑选的大潮时间 2012-02-18-19,2012-07-02-03 与 2012-07-17-18 均为月赤纬最南附近的日子,加上当地的日潮龄,则上述日期对应日潮性质的回归潮。小潮时间 2012-02-12-13,2012-02-25-26 和 2012-07-09-10 也是月赤纬为零附近的日子,同样加上当地的日潮龄,这几个日期对应日潮性质的分点潮。因此利用潮位法挑选的大、中、小潮观测日期也是符合回归潮大潮、分点潮小潮这种日潮性质大、小潮日期的。

## 1.2 利用潮流法选取全潮海流观测日期

基于碣石海域潮流与潮汐性质不符,提出了从潮流角度出发,直接选取全潮海流观测日期的方法,称之为潮流法。具体做法:

搜集到碣石海域 2005-07-14-08-12 为期约一个月的锚定海流观测资料(观测地点:22°44′17.28″N, 115°50′25.28″E),对该资料进行调和分析,利用调和常数对 2012 年冬季与夏季潮流进行预报,根据预报结果(图 3~图 4)直接挑选大、中、小潮潮流的观测日期。挑选出来的全潮海流观测日期如表 2 所示。

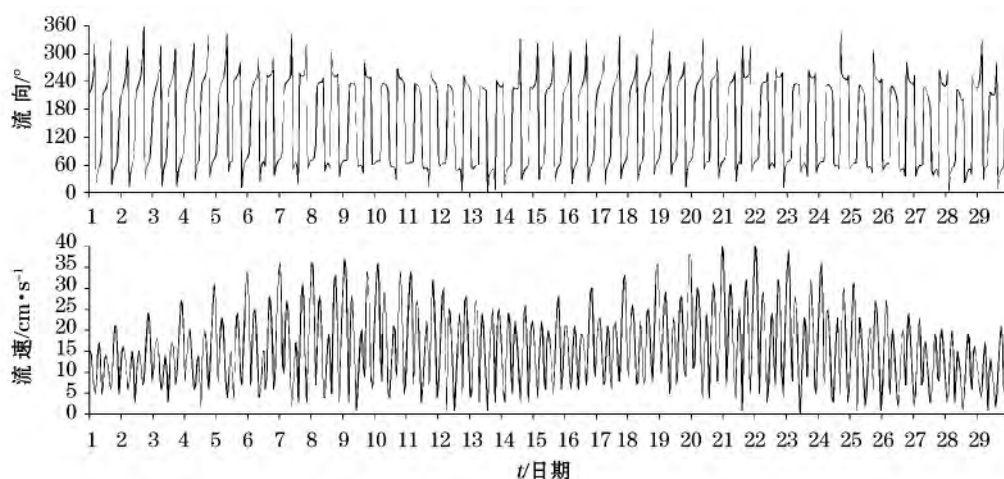


图 3 2012-02 潮流预报过程曲线图

Fig. 3 Time variations of the tidal current forecasted in February 2012

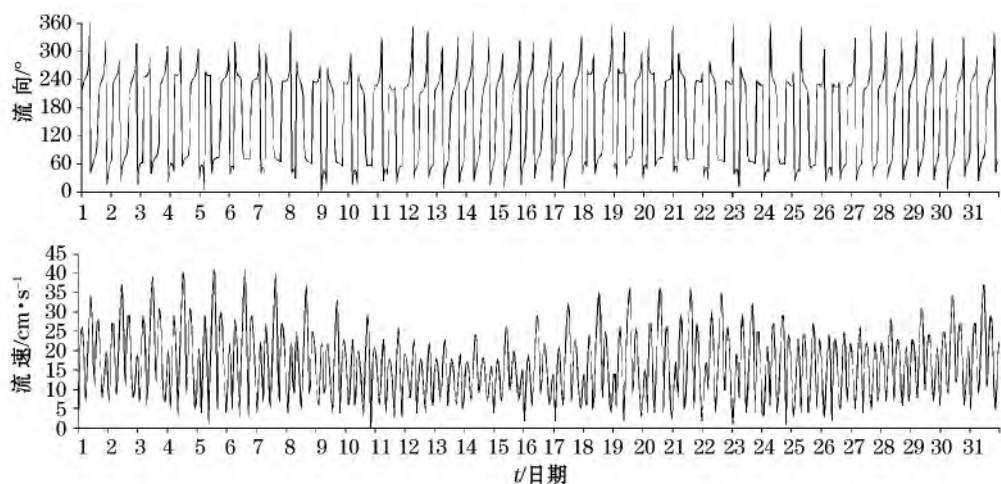


图 4 2012-07 潮流预报过程曲线图

Fig. 4 Time variations of the tidal current forecasted in July 2012

由表 2 可看出,利用潮流法选取的大潮时间 2012-02-09—10(农历正月十八~十九),2012-02-21—22(正月三十~二月初一),2012-07-05—06(农历五月十七~十八),2012-07-19—20(六月初一~初二)正值农历望、朔附近的日期,加上本海域的半日潮龄,上述日子与半日潮性质的朔、望大潮是对应的。利用潮流法选取的小潮时间 2012-02-15—16(农历正月廿四~廿五)和 2012-07-12—13(农历五月廿四~廿五)正值农历下弦附近的日期,加上半日潮龄则对应半日潮性质的上、下弦小潮。因此利用潮流法挑选的全潮观测日期符合朔、望大潮及上、下弦小潮的半日潮性质,从而也证实表 2 所选出的观测时间是合理的。

表 2 利用潮流法挑选的冬季和夏季大、中、小潮流观测时间表

Table 2 The time schedule for observing the entire tidal hydrology by using tidal-current method

| 潮 次 | 冬季航次观测时间                       | 夏季航次观测时间                     |
|-----|--------------------------------|------------------------------|
| 大潮  | 2012-02-09—10<br>(农历正月十八~十九)   | 2012-07-05—06<br>(农历五月十七~十八) |
| 中潮  | 2012-02-12—13<br>(农历正月廿一~廿二)   | 2012-07-08—09<br>(农历五月二十~廿一) |
| 小潮  | 2012-02-14—15<br>(农历正月廿三~廿四)   | 2012-07-12—13<br>(农历五月廿四~廿五) |
| 中潮  | 2012-02-18—19<br>(农历正月廿七~廿八)   | 2012-07-16—17<br>(农历五月廿八~廿九) |
| 大潮  | 2012-02-21—22<br>(农历正月三十~二月初一) | 2012-07-19—20<br>(农历六月初一~初二) |

1.3 2 种方法比较

对以上 2 种方法的选取结果及历史潮位与潮流观测资料的综合比较明显看出,在碣石海域,用潮位法按潮差累积频率的要求来确定大、中、小潮观测时间,虽然满足潮差的要求,但由于碣石海域潮汐与潮流性质不一致这种特殊性,利用潮位法选取的观测时间并不符合半日潮流大、中、小潮流分布规律,因而这种方法对碣石海域并不适用。

对于全潮海流观测,利用潮流预报值确定大、中、小潮流观测日期基本能反映碣石海域潮流分布特征的典型规律,比利用潮位分析方法确定的大、中、小潮流观测日期明显要准确、合理,因此推荐用潮流预报方法来确定大、中、小潮流的观测日期。

2 现场观测情况

按潮流法选择的大、中、小潮首选观测日期方案,即冬季 2012-02-08—16、夏季 2012-07-05—13,在碣石海域分别开展了 2 个航次全潮海流观测。每航次进行 14 个站的同步海流观测,观测时间持续 26 h,各站均采用 ADCP 等声学多普勒海流仪进行现场观测。2 航次的观测结果如图 5 和图 6 所示(图中矢杆代表各站 27 次整点时刻海流大小和方向)。

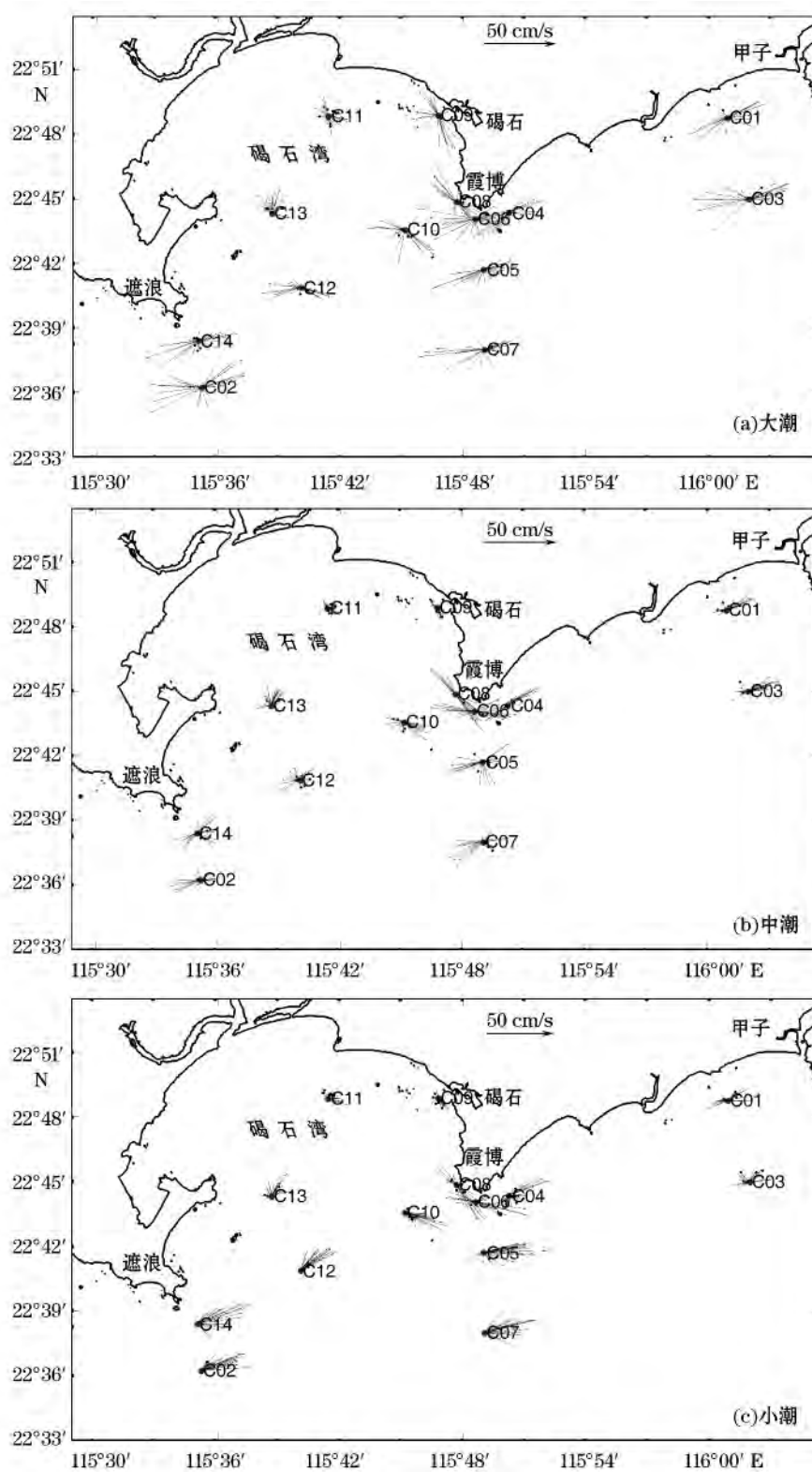


图 5 冬季航次大、中、小潮期各站垂线平均海流平面分布矢量图

Fig. 5 The plane vector diagram of the vertically averaged currents observed in the spring, moderate and neap tide periods at each stations during the winter cruise

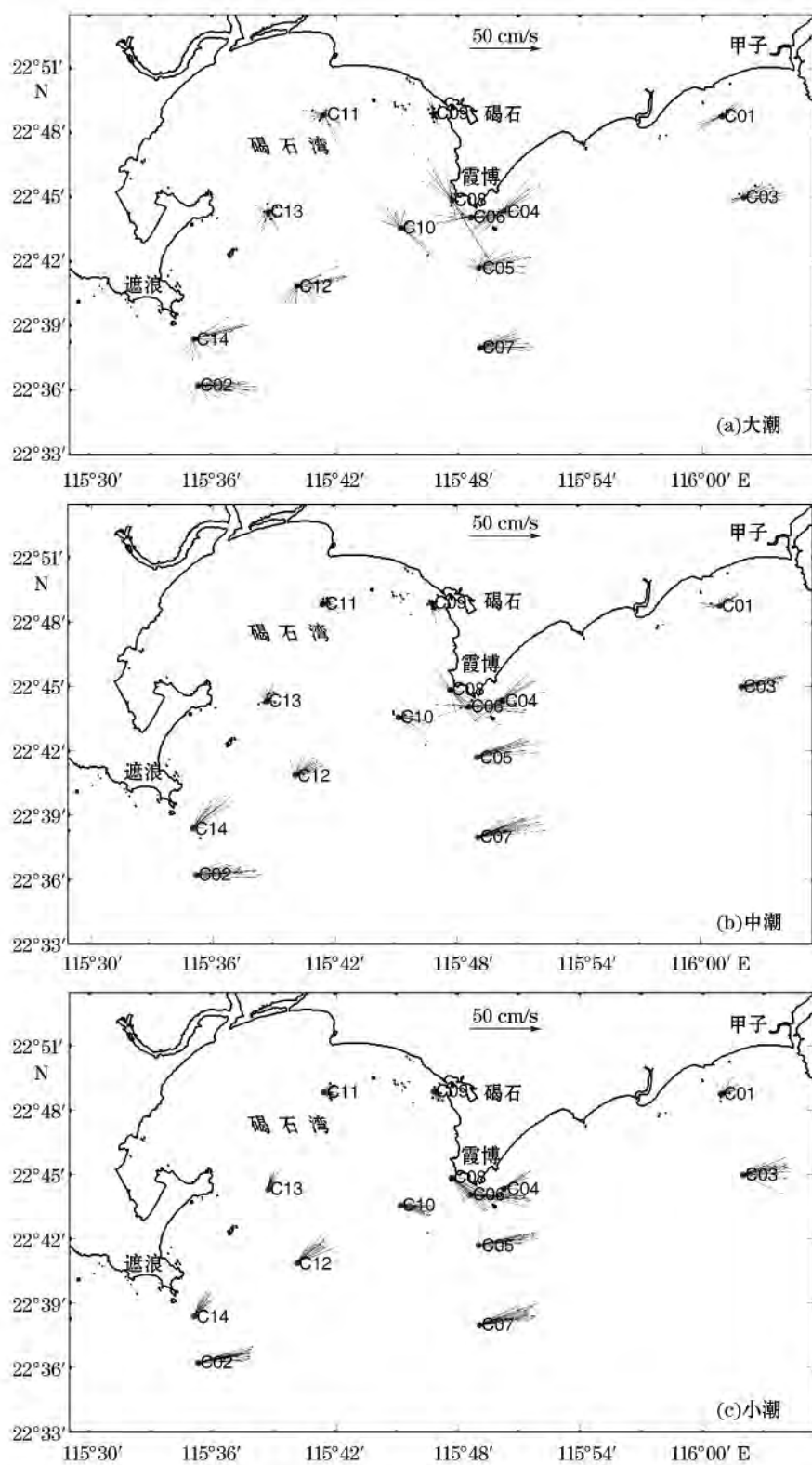


图 6 夏季航次大、中、小潮期各站垂线平均海流平面分布矢量图

Fig. 6 The plane vector diagram of the vertically averaged currents observed in the spring, moderate and neap tide periods at each stations during the summer cruise

从冬季航次调查结果可以看出,碣石湾外大、中潮期各站表层均为往复性流动,流向主要呈 ENE-WSW 走向,流速偏大,而碣石湾内受地形等因素的影响,各站的流速均明显小于湾外各站的流速。小潮期间潮流流速小,碣石湾外的流向基本上为偏 ENE 向。

夏季航次大潮和中潮观测期间,碣石湾内几个测站、霞博附近的几个测站及甲子附近的个别测站呈往复式流动,碣石湾内海流也表现出顺应湾内地形的流动;其它各测站各次观测的海流均表现为呈从 NE 到 ENE 方向的流动。

### 3 2 航次各潮期潮流流况分析比较

由于碣石海域地处南海东北部、吕宋海峡以西、台湾海峡西南,该处潮流受到多种因素的影响,如粤东沿岸流、经吕宋海峡西传的中尺度涡、风等等,现场观测获得的实测海流包括众多余流信息。从直观上看,有时甚至掩盖了潮流信息,且 2 个航次的余流特征及影响因素并不相同。

对于全潮海流观测,应从实测海流中剔除掉非周期性的余流,用各次观测得到的潮流来分析大、中、小潮的典型性和代表性。

利用准调和分析方法<sup>[6]</sup>计算出各航次、各站的垂线平均余流,用实测垂线平均海流减去相应余流后,得到各站的垂线平均潮流,各次观测各站垂线平均潮流的最大流速见表 3。

表 3 冬季航次与夏季航次各站垂线平均潮流的最大流速(单位:  $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ )  
Table 3 Maximum velocity of depth averaged tidal current in each station during the winter and summer cruise (unit:  $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ )

| 站 位 | 冬 季 |    |    | 夏 季 |    |    |
|-----|-----|----|----|-----|----|----|
|     | 大潮  | 中潮 | 小潮 | 大潮  | 中潮 | 小潮 |
| 01  | 39  | 24 | 22 | 26  | 27 | 13 |
| 02  | 57  | 24 | 23 | 43  | 24 | 13 |
| 03  | 51  | 27 | 25 | 30  | 30 | 24 |
| 04  | 38  | 32 | 29 | 43  | 41 | 24 |
| 05  | 45  | 33 | 41 | 30  | 26 | 38 |
| 06  | 53  | 46 | 40 | 45  | 50 | 25 |
| 07  | 56  | 28 | 21 | 24  | 26 | 16 |
| 08  | 45  | 39 | 33 | 59  | 47 | 29 |
| 09  | 33  | 13 | 11 | 17  | 14 | 9  |
| 10  | 35  | 23 | 21 | 38  | 26 | 13 |
| 11  | 21  | 11 | 14 | 23  | 13 | 9  |
| 12  | 36  | 21 | 15 | 37  | 19 | 17 |
| 13  | 20  | 21 | 15 | 18  | 21 | 12 |
| 14  | 46  | 28 | 27 | 41  | 29 | 9  |

冬季观测的 14 个站中,有 11 个站符合大潮、中潮、小潮最大潮流顺次减小的规律。05 和 11 号站是小潮最大流速大于中潮的;13 号站则是中潮最大流速,略大于大潮。夏季观测 14 个站中有 9 个站符合大潮、中潮、小潮最大潮流顺次减小的规律,01,06,07 和 13 号站中潮的略大于大潮的,05 号站为小潮最大。由于夏季航次沿岸流对碣石海域的影响更强些,大、中、小潮三个潮次均受到明显影响,因此在进行潮流准调和计算余流时不可避免会带来一些误差。碣石海域海流分布异常复杂,但从总体上看,绝大多数站的观测结果证实了这种方法选择的全潮海流观测日期是基本符合各潮次典型特征,是具备大、中、小潮代表性的。

## 4 讨 论

需要指出,我们的分析比较只能从观测获得的流速的相对大小以及观测日期选择的理论分析角度来判

别大、中、小潮观测结果的典型性和代表性。由于近岸海流常常受天气、沿岸流系及其它因素影响显著,并没有办法确知一个潮流周期中海流的分布、演变过程,无疑是具有局限性的。而分段观测的全潮海流观测方式注定这种局限性必然会存在。

全潮海流观测是在早期观测手段较为落后、技术力量及财力有限的情况下提出的获取近海海洋参数的一种重要观测手段,沿用已久,在近海海洋研究、工程应用等方面发挥了巨大的作用。但是,随着观测要求的不断提高和技术的不断发展,尤其是目前大量较先进的连续式观测仪器普遍应用到近海海洋观测中,其不足之处也逐渐显现,主要体现在以下几个方面:

1)分潮次观测每次观测时间短,在资料分析时,只能利用准调和分析方法对海流数据进行分析,尤其对于海流较复杂或较弱的海区,分析结果准确度不高;

2)观测时间往往只能根据距离较近验潮站的潮位预报资料来选择,由于观测海区与验潮站位置、地形等的差异,各潮次的代表性无法准确评判。而且实际观测受制于天气和海况等影响,观测时间难以理想控制。

3)海洋的运动是流体的连续性运动,这种分时段的观测,尤其是遭遇恶劣海况出现有的潮次推后观测时,不同潮次间隔时间过长,不符合流体运动的连续性特征,观测结果的代表性不好。

4)分潮次观测难以保证每次观测各测站处于同一位置,资料的可比性受到影响。

基于上述原因,推荐采用适用于近海的自记式、全剖面海流观测仪器,开展跨越大潮、中潮和小潮三个潮次、不少于 15 d 的连续海流观测,作为近海研究及工程应用的一种基本资料获取手段。这种观测方式将会避免传统分潮段全潮海流观测中的诸多问题,大大提高海流资料质量及海流参数的准确性、可靠性。特别是在潮流与潮汐性质不一致的近海海区,或是受其它流系影响显著、海流极其复杂的近海海区,或是附近历史观测数据极少甚至为零的近海海区,或是强天气过程频发的海区,这种观测方式的作用尤为重要。虽然观测成本可能有所提高,但是能够大大提高资料的可利用性、海流参数的准确性,在其后的工程论证、设计过程中将会带来极大的便利。

## 5 结 语

针对近海海洋工程应用中普遍采用的全潮海流观测,在潮汐与潮流性质不一致海区关于观测日期选择方面存在疑虑的问题,以广东陆丰碣石海域为例,提出了利用潮流资料进行预报,根据预报结果选择全潮观测日期的方法。碣石海域的现场观测结果的分析表明,这种观测日期确定方法基本符合全潮海流观测大、中、小潮潮流的典型性、代表性。

在潮汐与潮流性质不一致的特殊海区开展全潮海流观测时,应充分考虑潮流特征,尽可能搜集、利用调查海区的历史海流观测资料,从潮流分布角度来选取各潮次观测日期。

为获取质量更好、更有代表性的观测结果,宜采用跨越大、中、小潮三个潮次、不少于 15 d 的全剖面连续海流观测方式。

## 参考文献(References):

- [1] JTS145-2-2013 Code of Hydrology for Sea harbor[S]. Beijing: China Communications Press, 2013. JTS145-2-2013. 海港水文规范[S]. 北京:人民交通出版社,2013.
- [2] ZHU J R, LIU X C, SHEN H T, et al. Observation and analysis on hydrology in the Changjiang Estuary in March of 1996[J]. Journal of East China Normal University: Natural Science, 2003, 2003(4): 87-93. 朱建荣,刘新成,沈焕庭,等. 1996 年 3 月长江河口水文观测和分析[J]. 华东师范大学学报:自然科学版,2003, 2003(4): 87-93.
- [3] ZHENG B X, LIAO K M, ZENG Z, et al. Study on the characteristics of tidal current dynamic in Dongshan bay[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2009, 28(4): 546-552. 郑斌鑫,廖康明,曾志,等. 东山湾潮流动力特征研究[J]. 台湾海峡,2009,28(4): 546-552.

- [4] YU M G. A simplified algorithm for diurnal tidal current[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 1994, 3: 43-47. 俞慕耕. 简易的日潮流计算法[J]. 海洋测绘, 1994, 3: 43-47.
- [5] JIANG X H, WEN X H. Characteristic analysis of tide and tidal current in Penglai sea area[J]. Journal of Waterway and Harbor, 2011, 32(2): 144-148. 姜晓晖, 文先华. 蓬莱海域的潮汐潮流特征分析[J]. 水道港口, 2011, 32(2): 144-148.
- [6] Writing Group of Hydrology in Coastal Zone of China. Hydrology in Coastal Zone of China[M]. Beijing: China Ocean Press, 1995. 中国海岸带水文编写组. 中国海岸带水文[M]. 北京: 海洋出版社, 1995.
- [7] FANG G H, ZHENG W Z, CHEN Z Y, et al. Analysis and forecast of the tide and tidal current[M]. Beijing: China Ocean Press, 1986. 方国洪, 郑文振, 陈宗镛, 等. 潮汐和潮流的分析和预报[M]. 北京: 海洋出版社, 1986.

## Date Selection for Observation of Entire Tide Hydrology in the Sea Area With Different Tide and Tidal Current Characteristics

HU Xiao-min<sup>1,2</sup>, XIONG Xue-jun<sup>1,2</sup>, CHEN Chao<sup>3</sup>, WANG Guan-lin<sup>1,2</sup>, WU Lun-yu<sup>1,2</sup>

(1. *First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266061, China;*

2. *Key Lab of Marine Science and Numerical Modeling, SOA, Qingdao 266061, China;*

3. *China Nuclear Power Design Co. Ltd. (Shenzhen), Shenzhen 518029, China)*

**Abstract:** For observing the entire tidal hydrology, tide forecasting results from the tidal stations near the engineering area were usually used to determine the date for observing the spring, moderate and neap tides. This is, however, not applicable in the sea areas where the natures of tide and tidal current are different. By taking the Jieshi sea area located in Lufeng of Guangdong as an example, the traditional tidal-level method and the tidal current method are applied to determine the date for observing the entire tidal hydrology. The comparison between these two methods indicates that the time schedule for observing the entire tidal hydrology obtained by using the tidal current method is optimum. According to the schedule determined by this method, two cruises for the observation of the entire tidal hydrology were carried out in winter and summer of 2012. The observed results show that the selected observing date can be representative for the spring tide, the moderate tide and the neap tide. It is therefore suggested that the date for observing the entire tidal hydrology should be selected better based on the tidal current, rather than the tide, when working in the sea area with different natures of tide and tidal current.

**Key words:** entire tidal hydrology observation; tide characteristic; tidal current characteristic; observing date; Jieshi sea area

**Received:** December 29, 2012