

海南万宁近岸余流特征分析

卢 燕^{1,2}, 李泽文³, 李淑江^{1,2*}, 范 斌^{1,2}, 张凤烨¹, 徐晓庆^{1,2}

(1. 国家海洋局 第一海洋研究所, 山东 青岛 266061; 2. 青岛海洋科学与技术国家实验室 区域海洋动力学与数值模拟功能实验室, 山东 青岛 266200; 3. 华能新能源股份有限公司, 北京 100097)

摘 要: 根据 2012-04 在海南岛万宁近海海域获取的 3 次周日定点海流连续观测资料, 我们计算分析了春季这一海域的欧拉余流特征。结果表明, 研究海域的水体主要沿等深线方向流动, 并在观测期间发生了转向, 由 04-10 的西南向流转为 04-14 和 04-17 的东北向流。观测期间 04-10 的余流流速最小, 04-14 和 04-17 的余流流速较大, 其中 04-14 余流流速最大, 可达 44 cm/s。2004—2011 年秋冬季节流经研究海域的漂流浮标观测结果, 进一步验证了万宁近海海水沿等深线方向流动的这一特征。在东北季风期, 海水由东北向西南方向流动; 在西南季风期流向则完全转向, 自西南向东北方向运动; 万宁近岸海流的主轴在 20~100 m 等深线梯度最大的陆坡处, 等深线最密集的海域流速最大。

关键词: 万宁近岸; 周日观测; 漂流浮标; 余流

中图分类号: P731.22

文献标识码: A

文章编号: 1671-6647(2017)01-0053-09

doi: 10.3969/j.issn.1671-6647.2017.01.006

海南岛东南部的万宁近海海域位于南海西北部陆坡处, 受热带季风、南海环流、河流径流以及复杂地形和岸线等因素影响, 其环流结构特征复杂。早期研究表明^[1], 南海海面上的季风比较强且稳定, 海表面至 200 m 深的表层环流受东亚季风影响显著, 具有明显的季风流的特征, 并存在西向强化现象。数值模拟研究也表明^[1-3], 季风是南海表层环流的驱动力, 南海环流具有显著的季节变化和西向强化的主要特征。在南海的西部存在着一支强流, 流向随季风转换而变换方向, 且冬季流速大于夏季, 这一强流被称之为南海西边界流^[4-5]。受南海西边界流的影响, 海南岛东南近岸海域具有冬夏季流向明显不同的主要环流特征, 冬季在东北季风驱动下呈现西南向流动, 而夏季在西南季风驱动下呈现东北向流动。但是受数值模拟的限制, 目前只能给出该海域总体的海流流动特征和规律。

万宁近海地处琼东上升流海域^[6-7], 是海南岛的主要渔场之一, 受渔业捕捞的影响在附近海域的海流观测相对困难和稀少。管秉贤^[8]根据温盐剖面观测资料研究表明, 海南岛东岸夏季 6 月份受西南季风的影响, 存在一支东北向的海流; 并认为这与南海暖流的气旋式弯曲相关。1997 年胡辉等^[9]的观测结果表明, 海南岛东南沿岸普遍为弱潮流区, 潮流流速小, 流态不稳定, 其流速量级与由季风产生的风海流相当。徐佳佳^[10]利用 OFES 数据在研究南海西边界流过程中指出, 海南岛东南近岸的沿岸流也是南海西边界流的一部分, 存在显著的季节变化, 春季和夏季向北流, 秋季和冬季向南流, 且冬季强于夏季。许金电等^[11]研究琼东上升流时指出, 2006 年夏季海南岛北部近岸在季风的作用下, 观测海域不仅存在沿海岸线东北向的流动, 还存在 18 m 以深向岸和 18 m 以浅离岸的流动, 并表明流动的大小与局地风速有密切关系。2012 年秋季在海南岛东北部的走航 ADCP 观测结果也表明^[12], 秋季海南岛近岸的流动为沿等深线向西南方向, 并在近岸存在表

收稿日期: 2016-07-14

资助项目: 国家高技术研究发展计划项目——南海及周边海域风浪流耦合同化精细化数值预报与信息服务系统(2013AA09A506); 国家自然科学基金项目——太平洋-印度洋贯穿流南海分支与印尼贯穿流的相互作用及气候效用(41306031); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目——卡里马塔贯穿流与印尼贯穿流的相互作用(2013G35); 国家海洋局海洋可再生能源专项——华能海南波浪能并网发电示范(GHME2010GC04)

作者简介: 卢 燕(1962-), 女, 山东青岛人, 高级工程师, 主要从事海洋数据分析方面研究. E-mail: luy@fio.org.cn

* **通讯作者:** 李淑江(1979-), 男, 山东日照人, 副研究员, 博士, 主要从事物理海洋学方面研究. E-mail: lisj@fio.org.cn

(王 燕 编辑)

层向岸的流动,这抑制了琼东上升流的发展。但是全面认识海南岛近岸的海流特征,还需要从观测角度开展深入的研究。

本文根据 2012 年春季海南岛东南侧万宁近海 6 个站位 3 次周日海流观测资料,分析了春季该海域的余流特征和海水运动特征。并根据研究海域近年来的漂流浮标观测结果,定性分析了研究海域的环流空间特征。

1 观测和资料

2012-04-10—18,我们在海南万宁大花角外侧水域,沿水深 30~40 m 等深线方向,自东北至西南方向共布设了 6 个观测站点,进行了 3 个周日的海流连续同步观测。观测站点自北向南分别为 A3,A4,A2,A5,A1 和 A6(图 1,其中水深和岸线数据来自 ETOPO1^[13]),其中 A3 站水深最深为 51.0 m,A1 站水深最浅为 31.7 m。水深观测结果(图 1 和表 1)也表明,ETOPO1 水深数据与观测水深在观测海域北部等深线相对密集海域差别较大,在观测海域南部等深线相对稀疏海域二者数值相接近。3 次观测日期分别为 2012-04-10—11(以下简称 04-10),04-14—15(以下简称 04-14),04-17—18(以下简称 04-17),观测时间均为 11 时至次日 11 时,每次历时 25 h。在海流周日观测过程中,A1 和 A2 站使用了 2 台 Nortek 公司 AquaPro 600K 声学多普勒流速剖面仪(ADCP);A3,A4,A5 和 A6 站使用了 4 台 TRDI 公司的 300K ADCP(表 1)。除了 A1 站采用座底 ADCP 上视的观测方式,A2~A6 站均采用了船载 ADCP 下视的观测方式。所有观测站的层厚均为 2 m,采样间隔为 10 min。

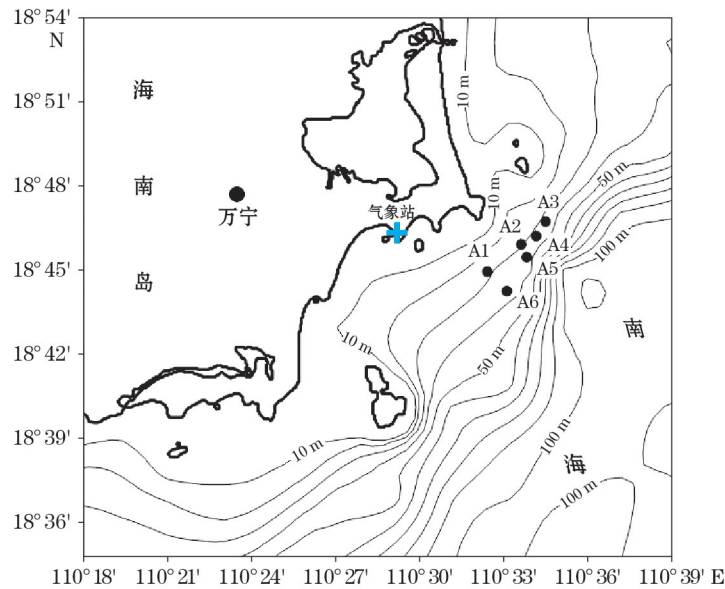


图 1 观测站位及水深分布

Fig.1 Locations of observational sites and bottom topography

表 1 观测站位及其观测相关信息

Table 1 Information of observational sites

站 位	E	N	Z/m	观测设备	观测方式
A1	110°32'23.55"	18°44'57.67"	31.7	Nortek AquaPro ADCP 600K	座底上视
A2	110°33'36.24"	18°45'55.53"	40.5	Nortek AquaPro ADCP 600K	船载下视
A3	110°34'28.26"	18°46'44.38"	51.0	TRDI ADCP 300K	船载下视
A4	110°34'8.06"	18°46'13.39"	39.0	TRDI ADCP 300K	船载下视
A5	110°33'47.86"	18°45'28.33"	40.6	TRDI ADCP 300K	船载下视
A6	110°33'05.59"	18°44'16.01"	41.6	TRDI ADCP 300K	船载下视

本文采用的风场数据来自在观测海域近岸乌场码头(图 1 中“+”处)的 R.M.Young 气象站,采样时间间隔为 10 min,这里选取了整点时刻的数据。本文采用的漂流浮标资料来源于美国 NOAA 大西洋海洋大气实验室(AOML)发布的 2004 年至今经过研究海域的漂流浮标的观测资料^[14]。2004—2011 年期间,共有 12 个 Argos 漂流浮标流经研究海域,有 38 次海流的观测结果,同一漂流浮标的观测时间间隔为 6 h。这 38 次观测结果全部出现在秋冬季,其中 10 月 4 次,11 月 19 次,12 月和 1 月各 2 次,2 月 1 次。

2 观测海域的欧拉余流特征

余流一般分为欧拉余流和拉格朗日余流,2012 年春季万宁近岸 6 个站点的观测是定点连续 1 周日的闭合观测,因此可以采用欧拉余流进行分析。欧拉余流为一个时间周期 t_0 内的时间平均值,公式为

$$(U_r,V_r)=\frac{1}{t_0}\int_0^{t_0}(U,V)dt, \tag{1}$$

式中, $t_0=25$ h,积分时间间隔为 1 h,从前一日的 11:00 到下一日的 11:00 的一个闭合时间周期连续数据,由此可以计算出每一剖面余流值。

2.1 观测海域余流统计特征

表 2 给出了 3 次周日观测期间的 6 个观测站点的垂向平均流速和流向,以及最大流速、流向和所在深度。结果表明,由于观测海域的观测站点相邻近,其流场具有空间一致性。通过计算垂向平均余流,可以发现 04-10 所有观测站点的正压流流向为西南向,04-14 和 04-17 所有观测站点的正压流流向为东北向(图 2)。观测期间,04-14 流速最大,6 个观测站点的平均正压流为 31 cm/s,流向为 27°;04-10 与 04-17 流速较小,6 个观测站点的平均正压流均为 16 cm/s,流向为 192°和 34°。观测期间,虽然观测海域的正压流流向发生了转向,但是 3 次观测到的余流方向大致沿着观测海域等深线方向运动。

表 2 各站位 3 次观测余流的平均、最大流速和流向及所在深度

Table 2 Mean,maximum velocity and direction,and corresponding depth of subtidal currents at all the sites during the three observations

站 位	04-10 观测统计结果					04-14 观测统计结果					04-17 观测统计结果				
	平均流速	流向	最大流速	流向	深度	平均流速	流向	最大流速	流向	深度	平均流速	流向	最大流速	流向	深度
	/cm·s ⁻¹	/°	/cm·s ⁻¹	/°	/m	/cm·s ⁻¹	/°	/cm·s ⁻¹	/°	/m	/cm·s ⁻¹	/°	/cm·s ⁻¹	/°	/m
A1	10	191	16	204	14	24	44	35	36	5	11	54	27	59	5
A2	17	186	27	186	11	33	26	37	12	3	19	42	41	55	4
A3	18	197	21	196	11	39	26	44	44	3	19	34	41	47	3
A4	19	202	24	195	13	37	20	43	7	23	20	23	36	29	3
A5	17	184	25	182	12	32	30	40	49	4	17	31	28	33	3
A6	15	193	24	196	11	24	17	35	29	3	10	21	22	17	19

统计结果也表明(表 2),虽然余流场总体上具有空间一致性,但也表现出一定的空间分布特征:沿等深线自东北向西南方向,余流流速逐渐减弱。这可能与观测海域东北部等深线相对于西南部更密集、地形对海流的约束作用有关。A3,A4,A2 和 A5 位于研究海域北部的等深线密集,04-10,04-14 和 04-17 三次观测的余流平均值分别为 18,35 和 19 cm/s;A1 和 A6 站位于等深线相对稀疏的最南端,3 次观测的余流平均值分别为 12,23 和 10 cm/s,远小于北部 4 站的平均值。6 个观测站点 3 次观测的最大流速统计结果也具有北大南小的上述特征:04-10,04-14 和 04-17 北部 4 站位 3 次观测的最大流速分别为 27,44 和 41 cm/s,南部 2 站 3 次观测的最大流速分别为 24,35 和 27 cm/s。在西南向流期间,最大流速出现在 11~14 m 的中层,表层和底层流速相对较低;在东北向流期间,最大流速主要出现在 3~5 m 的表层,并自表至底逐渐降低。这表明东北向流与西南向流的驱动力的来源有很大差别。

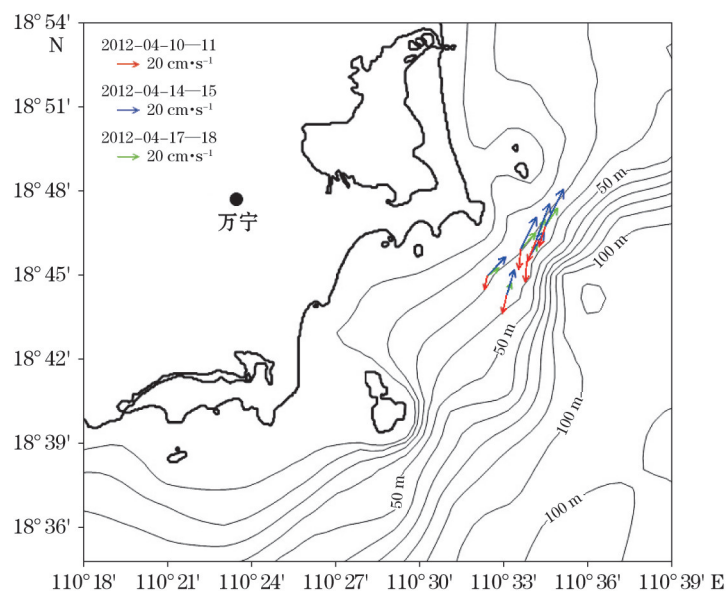


图2 2012-04-10, 04-14 和 04-17 的垂向平均余流

Fig.2 Vertically averaged subtidal current on 10th, 14th and 17th April, 2012

2.2 各站余流的三维结构和时间变化特征

A1~A6 站于 04-10, 04-14 和 04-17 观测期间的余流垂直结构剖面见图 3。由图可知, 余流在垂直方向上存在一致性, 以正压流为主。04-10, 所有观测站点的流速和流向在垂向上变化不大, 正压流特征显著; 04-14, 流速在垂向上变化较小, 而流向存在较显著的差异, 海流的斜压特征逐渐显现; 04-17, 观测海域的海流无论流速还是流向都存在显著差异, 斜压性更显著。这表明, 观测期间观测海域的海流逐渐由正压流向斜压流转换。

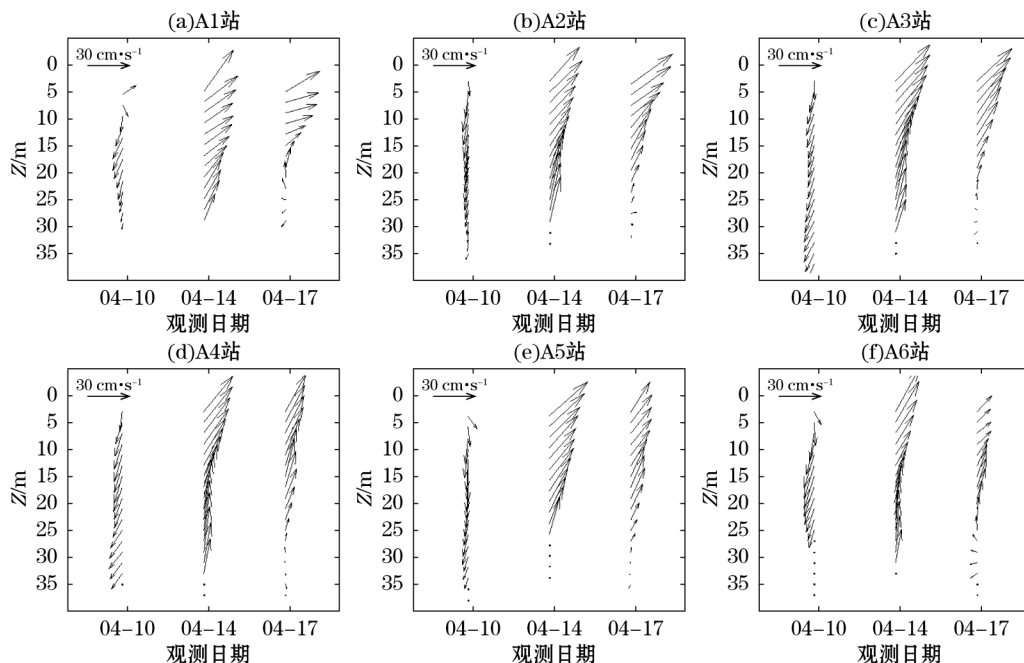


图3 2012-04-10, 04-14 和 04-17 A1~A6 站的余流垂直结构

Fig.3 Vertical structure of subtidal current at stations A1~A6 on 10th, 14th and 17th April, 2012

为了更加清晰地分析余流的垂向特征,将 6 个站点 3 次观测的各层余流值分别减去各个观测站点每次观测垂向平均的正压流后,可以计算得到 6 站点 3 次观测的斜压流结果(图 4)。结果表明,04-10,西南向流期间,观测海域的斜压流最弱;04-17,东北向流期间,斜压流最强。04-14 和 04-17 东北向流期间,斜压流存在上下层反向的明显特征:15 m 以浅的上层水存在一支离岸流动,15 m 以深的下层水体存在向岸的流动。这一上下层流体反向流动的结构与琼东上升流区的环流特征相一致^[7,11]。下层水体向岸流动,到达近岸后抬升为上层水体,然后在表层形成离岸流。

斜压流的三维结构也表明,在 10~15 m 以浅的斜压流自上至下,流速逐渐减小,流向基本为顺时针方向旋转,这是典型的表面风驱动的表面 Ekman 螺旋结构特征。而在底层,尤其是 04-14 和 04-17 的观测,20 m 以深的斜压流速逐渐增大,流向基本为逆时针方向旋转,这是典型的底摩擦驱动的底层 Ekman 螺旋结构特征。

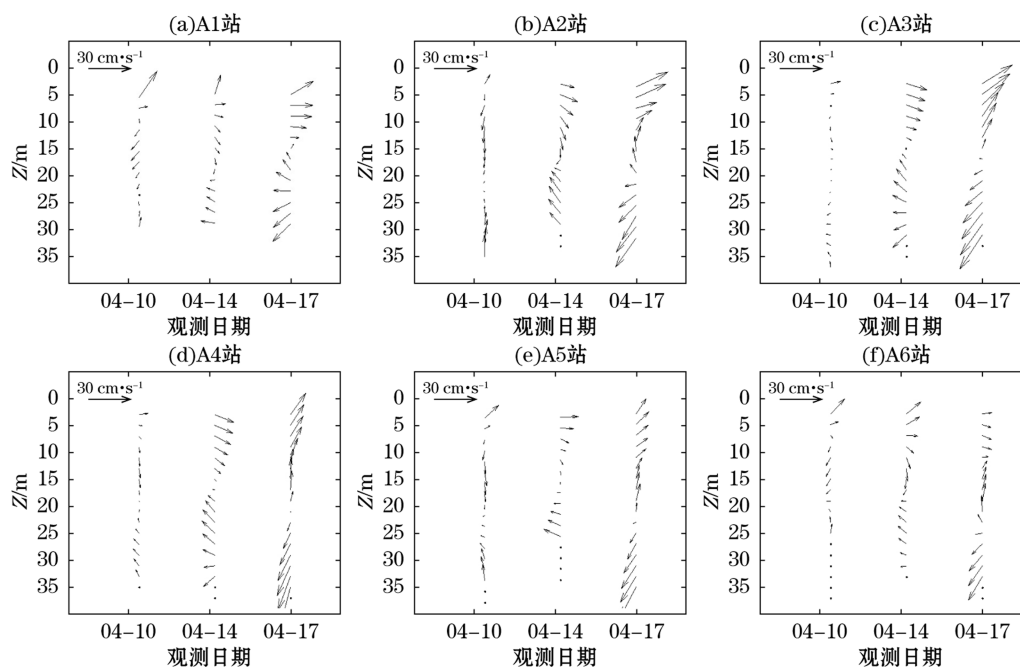


图 4 2012-04-10,04-14 和 04-17 A1~A6 站的余流斜压垂直结构

Fig.4 Vertical structure of baroclinic subtidal current at stations A1~A6 on 10th,14th and 17th April,2012

2.3 局地风对观测海流的影响

由于南海盛行季风,特别在夏、冬季节分别以偏南风 and 偏北风为主^[15],风场很稳定,持续时间长。海表面至 100 m 水层,海流受风影响很大。由于观测期间为春季,处于冬季风向夏季风转换的季节,风场不是太稳定。同期在观测海域近岸乌场码头观测的 10 m 高风速和风向(图 5,时间间隔为 1 h)数据表明,04-07—10,观测海域风向不稳定,在偏南风 and 偏北风之间变动,风速大部分时间在 2 m/s 以下,平均风速 1.3 m/s。结合前节分析发现的 04-10 观测海域流速最大值在中层而非表层,这表明其受风场影响较小,其受外来环流的影响更显著。04-10 研究海域的局地风逐渐转为稳定的北向风,平均风速也提高到 3.3 m/s。这与 04-14 与 04-17 观测海域的东北向流密切相关,且流速最大值出现在表层,自表至底流速逐渐下降。

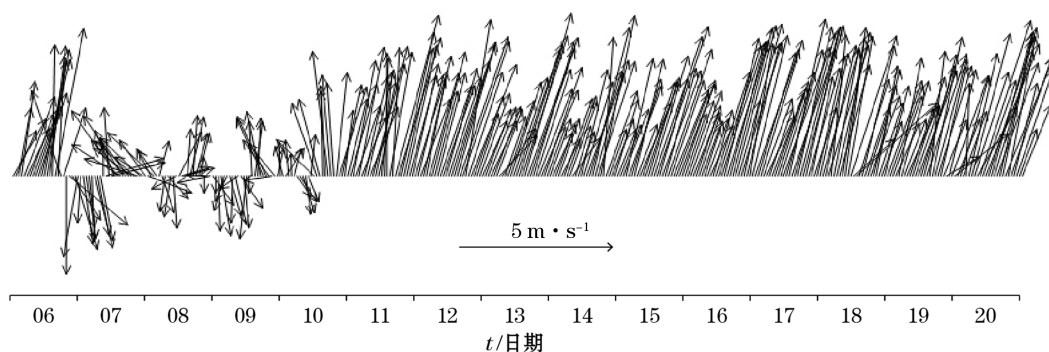


图5 2012-04-06—20 观测期间沿岸观测站风向和风速随时间的变化

Fig.5 Time series of wind velocity and direction measured at a coastal station during observation from 6th to 20th April, 2012

3 观测海域拉格朗日余流特征

本文收集整理了历年来流经研究海域的 Argos 漂流浮标的观测资料^[14], 共有 12 个 Argos 漂流浮标于 2004—2011 年期间流经海域, 38 次海流的观测(图 6, 同一漂流浮标的时间间隔为 6 h)。所有观测数据均发生在秋季或冬季的东北季风期。其中 11 月最多有 19 次观测, 2 月有 11 次观测。图 6 为根据这些漂流浮标观测资料计算出的每间隔 6 h 的拉格朗日余流结果。图 6 表明, 秋、冬季海南岛东南近海表层海水沿等深线由东北向西南向流动。漂流浮标在等深线梯度较大的海域聚集, 这表明万宁近岸海流的主轴在 20~100 m 等深线梯度最大的陆坡处。观测期间最大流速为 109 cm/s, 出现在 2004-02; 最小流速为 18 cm/s, 出现在 2005-11; 所有观测值的平均流速为 52 cm/s, 这远大于 2012 年春季的余流观测值。

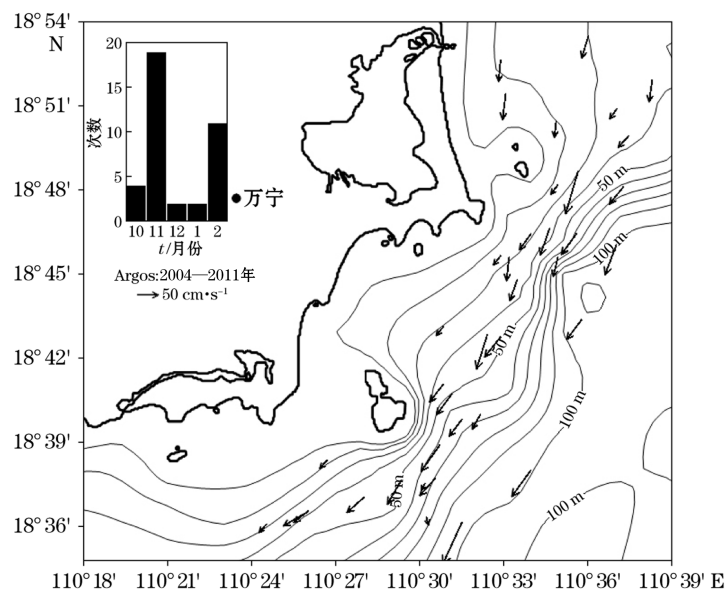


图6 2004—2011 年经过该海域的 Argos 漂流浮标观测结果

Fig.6 Currents derived from Argos in the study area from 2004 to 2011

此外, 我们分别于 2011-12 和 2012-04 在该海域进行了 2 次漂流浮标观测(图 7, 数据间隔为 1 h), 根据漂流浮标的位置和时间, 同样可以计算出拉格朗日余数, 数据间隔为 1 h。图 7 中红色箭头为 2011-12 观测结

果,漂流浮标沿 30~50 m 等深线自东北向西南流动,这与图 5 中给出这一海域在秋冬季海流流向一致。观测期间的平均流速为 48 cm/s,最大流速 66 cm/s 出现在大洲岛外侧的等深线密集区。蓝色箭头为 2012 年春季 4 月的观测结果,流向完全转向,自西南向西北方向运动。这与 04-14,04-17 固定观测点的欧拉实测余流方向一致,表明该海域海流在 04-14 转向后,一直流向东北。这次观测期间的流速平均值为 57 cm/s,明显高于之前欧拉定点余流观测的结果。

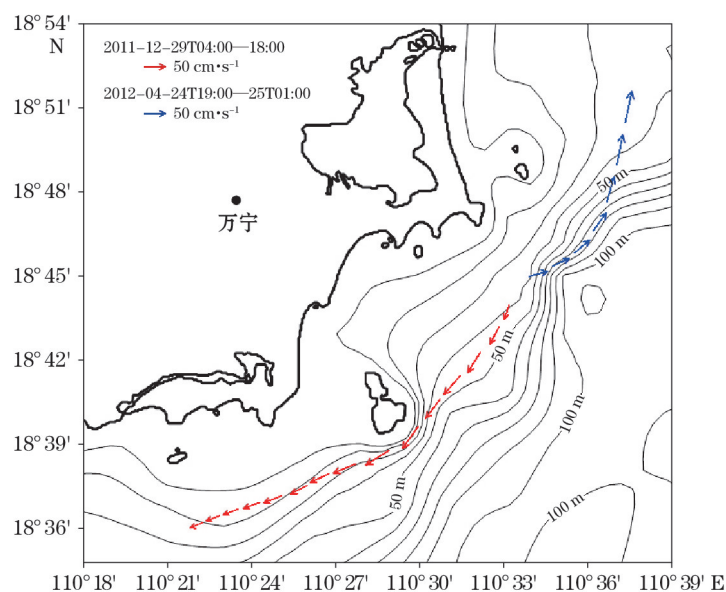


图 7 2011-12 与 2012-04 漂流浮标观测结果

Fig.7 Currents derived from drifting buoy in the study area during December 2011 and April 2012

4 结 论

已有的研究表明^[6],海南岛东南海域受南海大尺度表层环流的影响,海流在夏季和冬季分别以东北向和西南向流为主。春秋为冬季季风与夏季季风的过渡季节,风场不太稳定;此外,观测海域还受到南海暖流的影响,因此研究海域的春季海流运动特征比较复杂。2012-04 海南岛万宁近海海域的 3 次周日定点海流连续观测结果表明,研究海域的正压海流基本沿等深线方向流动,并在观测期间发生了转向,由 04-10 的西南向流转为 04-14 和 04-17 的东北向流。由于观测海域的观测站点相邻近,其流场具有空间一致性,研究海域 3 次观测的平均余流分别为 16,31 和 16 cm/s。受地形的约束作用,等深线密集的东北部海域余流流速高于其西南部。观测海域的海流也存在显著的垂直结构特征,尤其是在东北向流期间,存在一个垂直于岸的次级斜压环流结构,即底层流存在向岸的流动,表层存在离岸的流动,这进一步验证了琼东上升流的垂向结构特征。

历史 Argos 漂流浮标的观测结果表明,在秋季和冬季的东北季风期,海南岛东南近海表层海水沿等深线由东北向西南方向流动,且万宁近岸海流的主轴在 20~100 m 等深线梯度最大的陆坡处。该海域所有观测的平均流速为 52 cm/s,最大观测流速为 109 cm/s,出现在 2 月。而 2011-12 和 2012-04 在该海域的 2 次漂流浮标观测结果也验证了万宁近海海水沿等深线方向流动的这一特征,同时也表明等深线最密集的海域流速最大。而春季流向完全转向,自西南向东北方向运动。这与 04-14 和 04-17 固定观测点的欧拉实测余流方向一致。

参考文献(References):

- [1] WYRTKI K. Physical oceanography of Southeast Asian Waters[R]. California: Scripps Institution of Oceanography, 1961.
- [2] LI D H, YOU X B, ZHANG M. Numerical simulation of every monthly mean ocean currents in the South China Sea[J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2003, 23(1): 31-38. 李东辉, 游小宝, 张铭. 南海各月平均海流场的数值模拟[J]. 气象科学, 2003, 23(1): 31-38.
- [3] FANG G H, WANG Y G, WEI Z X, et al. Inter-ocean circulation and heat and freshwater budgets of the South China Sea based on a numerical model[J]. Dynamics of Atmospheres & Oceans, 2009, 47(1-3): 55-72.
- [4] LI L, WU R H, GUO X G. Seasonal circulation in the South China Sea[J]. Haiyang Xuebao, 2000, 22(6): 13-26. 李立, 吴日升, 郭小钢. 南海的季节环流——TOPEX/POSEIDON 卫星测高应用研究[J]. 海洋学报, 2000, 22(6): 13-26.
- [5] YANG H J, LIU Q Y, LIU Z Y, et al. A general circulation model study of the dynamics of the upper ocean circulation of the South China Sea[J]. Journal of Geophysical Research, 2002, 107(C7): 22-1-22-14.
- [6] GUAN B X, CHEN S J. National Marine comprehensive survey report[R]. Qingdao: Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 1964: 14-19. 管秉贤, 陈上及. 全国海洋综合调查报告[R]. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 1964: 14-19.
- [7] XIE L L, ZHANG S W, ZHAO H. Overview of studies on Qiongdong upwelling[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2012, 31(4): 35-41. 谢玲玲, 张书文, 赵辉. 琼东上升流研究概述[J]. 热带海洋学报, 2012, 31(4): 35-41.
- [8] GUAN B X. Warm eddy in the open sea east of Hainan island[J]. Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas, 1997, 15(4): 1-6. 管秉贤. 海南岛以东外海的暖涡[J]. 黄渤海海洋, 1997, 15(4): 1-6.
- [9] HU H, HU F X, WANG S M, et al. Basic hydrologic characteristics of Xiaohai lagoon in Hainan island[J]. Tropic Oceanology, 1997, 16(4): 54-61. 胡辉, 胡方西, 汪思明, 等. 海南岛东海岸小海潟湖水文基本特征[J]. 热带海洋, 1997, 16(4): 54-61.
- [10] XU J J, FANG X J, GONG Y H, et al. Study on spatial and temporal characteristics of the SCS western boundary current[J]. Transactions of Oceanology & Limnology, 2013, 36(2): 10-18. 徐佳佳, 方雪娇, 公言华, 等. 南海西边界流时空特征初探[J]. 海洋湖沼通报, 2013, 36(2): 10-18.
- [11] XU J D, CAI S Z, XUAN L L, et al. Study on coastal upwelling in eastern Hainan Island and western Guangdong in summer, 2006[J]. Haiyang Xuebao, 2013, 35(4): 11-18. 许金电, 蔡尚湛, 宣莉莉, 等. 2006 年夏季琼东、粤西沿岸上升流研究[J]. 海洋学报, 2013, 35(4): 11-18.
- [12] MA Y L, ZHU X H, ZHANG Z Z, et al. Analysis of the current in north South China Sea in October and December of 2012[J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2014, 29(3): 309-315. 马云龙, 朱小华, 张钟哲, 等. 2012 年 10 月和 12 月南海北部海流的观测研究[J]. 大连海洋大学学报, 2014, 29(3): 309-315.
- [13] AMANTE C, EAKINS B W. ETOPO1 1 Arc-Minute global relief model: procedures, data sources and analysis[J]. Psychologist, 2009, 16(3): 20-25.
- [14] HANSEN D V, POULAIN P M. Quality control and interpolations of WOCE—TOGA drifter data[J]. Journal of Atmospheric & Oceanic Technology, 1996, 13: 900-909.
- [15] SUN X P. The coastal waters of China[M]. Beijing: Ocean Press, 2006. 孙湘平. 中国近海区域海洋[M]. 北京: 海洋出版社, 2006.
- [16] GUAN B X. Windward Currents Offshore Southeastern China in Winter[M]. Qingdao: China Ocean University Press, 2002. 管秉贤. 中国东南近海冬季逆风海流[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2002.

Subtidal Current in the Southeast Offshore Area of Hainan

LU Yan^{1,2}, LI Ze-wen³, LI Shu-jiang^{1,2}, FAN Bin^{1,2}, ZHANG Feng-ye¹, XU Xiao-qing^{1,2}

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

2. *Laboratory for Regional Oceanography and Numerical Modeling, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266200, China;*

3. *Huaneng Renewables Corporation Limited, Beijing 100097, China*)

Abstract: Based on three one-day continuous current observations at the offshore of Wanning, Hainan in April 2012, we calculate the Euler subtidal current and study its characteristics in spring. The results show that the subtidal current mainly flows along the isobaths, but reverses from a southwestward current on 10th April to a northeastward current on 14th and 17th April. The subtidal velocity reaches its maximum, 44 cm/s, on 14th April, but it is weakest on 10th April. Data from drifting buoy confirm that the subtidal current flows along the isobaths at the offshore of Wanning. In northeast monsoon season, the offshore water flows from the northeast to the southwest along isobaths, while in southwest monsoon season, the offshore water flows from the southwest to the northeast along isobaths. The flow core of Wanning coastal current locates at the slope where isobaths are between 20~100 m, and the velocity is strongest in the region where isobaths are most intensive.

Key words: offshore of Wanning; 25 hours observation; drifting buoy; subtidal current

Received: July 14, 2016