

北部湾冬半年环流特征及驱动机制分析*

Analysis on Characteristics and Formation Mechanism of the Winter Boreal Circulation in the Beibu Gulf

高劲松, 陈 波

GAO Jing-song, 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 Environment Science, Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China)

摘要:【目的】为了给北部湾的环境保护提供科学依据, 研究北部湾冬半年的环流变化特征及其驱动机制。【方法】通过 POM 模型构建三维斜压后报模型, 模拟 2006~2007 年南海西北部的环流, 模拟时考虑了日平均风场、日平均热通量、河流径流和潮汐等强迫场; 通过无季风驱动的敏感性实验分析东北季风对北部湾冬半年流场的作用; 通过洋浦港外海在 2005 年 12 月 25 日到 2006 年 1 月 25 日的一个月海流观测数据来分析冬季海南岛西北岸的海流特征。【结果】模拟结果与观测数据吻合较好, 北部湾冬半年环流呈气旋式, 嵌套着南部的气旋式环流, 而且秋季与冬季环流存在季节性振荡特征: 在秋季, 南部的气旋式环流可向北侵入至 19°N, 比冬季深入得多; 在冬季, 湾西岸和海南岛西北岸的南向流比秋季要强; 这种季节性变化特征可从表层直达深层。另外, 海南岛西北岸流在冬季为西南向而非东北向。【结论】冬半年北部湾的北部环流为局地风驱动, 南部环流是由东北季风驱动的南海陆架流侵入北部湾而形成的; 这种季节性涛动受东北季风的高频振荡分量驱动, 尤其风场的南北向分量贡献较大, 也说明风场的时间分辨率对北部湾环流影响较大; 海南岛西北岸的西南向流受琼州海峡的西向流驱动, 而东北季风只起辅助作用。

关键词: 北部湾 数值模型(POM) 冬半年环流特征 驱动机制

中图分类号: P731.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9164(2014)01-0064-09

Abstract:【Objective】In order to provide a scientific reference for the environment protection, it is significant to research on the characteristic and formation mechanism of the circulation in the Beibu Gulf.【Method】A three-dimensional hindcast model, which is forced by the daily averaged wind and heat flux, river discharges, as well as the tidal harmonic, is constructed via POM in this study, modeling the circulation in the Beibu Gulf during 2006~2007. Additionally, the sensitive experiment without the forcing of monsoon is utilized to further analyze the effect of the monsoon on the winter boreal circulation. On the other hand, one month observation data off the Yangpu port, from December 25, 2005 to January 25, 2006, is used to examine the current features off the northwestern coast of Hainan Island.【Result】The model results are consistent well with the observations so that with the numerical model the circulation structure is revealed that the gulf-wide circulation is cyclonic nested a cyclonic gyre in the southern Gulf. In addition, there is seasonal oscillation between the autumn and winter circulation, that is, the southern gyre can intrude more northwards in autumn than that in winter, to 19°N, whereas the southward currents off the western Gulf

收稿日期: 2013-09-04

修回日期: 2013-10-11

作者简介: 高劲松(1984-), 男, 博士, 主要从事海洋环境动力学研究。

* 广西自然科学基金重大项目(2012GXNSFEA053001)和广西科学院基本科研业务费(13YJ22HY06)资助。

coast and northwestern coast of Hainan in winter are stronger than that in autumn, and this seasonal oscillation exhibits from the surface to the bottom. Interestingly, the current off the northwestern coast of Hainan is found to be southwestward instead of northeastward. **【Conclusion】** It is showed that the northern gyre in the Beibu Gulf is driven by the local wind in winter boreal whereas the southern gyre is generated from the wind-induced South China Sea (SCS) shelf current. On the other hand, the seasonal oscillation between the autumn and winter circulation is caused by the high frequency component of the northeasterly monsoon, especially of the meridional wind, which indicates the temporal resolution of the wind field plays an important role on the circulation in the Gulf. Finally, it is detected that the southwestward current off the northwestern coast of Hainan is driven by the westward current in the Qiongzhou Strait whereas the northeasterly wind plays a supplement role.

Key words: Beibu Gulf, numerical model (POM), characteristic of winter boreal circulation, formation mechanism

【研究意义】北部湾位于南海西北部,介于 $17^{\circ}\sim 21.5^{\circ}\text{N}$, $105.6^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$ 。北临广西壮族自治区,西靠越南,东靠海南和广东湛江半岛,南连南海,为半封闭海湾。最大水深不超过100m,平均水深约为50m,水下地形平坦,仅在南部湾口外存在地形变化剧烈的海区。北部湾属于新生代的大型沉积盆地,沉积层厚达数千米,蕴藏着丰富的油气资源。同时得益于周围河流注入的丰富营养盐,北部湾的生物资源极为丰富,盛产金线鱼,沙丁鱼,金枪鱼,比目鱼等50余种富含经济价值的鱼类,以及虾,蟹,贝类等,是我国优良的渔场之一,其中著名的南浦珍珠(南珠)即产生在北部湾。更重要的是北部湾沿岸浅海和滩涂广阔,是发展海水养殖的优良场所,同时还存在珍稀木本胎生植物。因此研究北部湾的环流结构及其演变特征对其环境保护有重要意义。**【前人研究进展】**由于北部湾特殊的地理位置,因此大面积观测的次数比较有限。最早的观测始于1964和1965年的中越联合调查^[1,2],中科院南海所等单位在1964~1971年通过漂流瓶轨迹对北部湾的表层环流进行了分析研究。国家海洋局组织的1980~1986年的“全国海岸带和海涂资源综合调查”以及1988~1995年的“全国海岛资源调查”则主要在浅海区域(小于15m)取样,1994~1995年的“北部湾海洋环境综合调查”和2006~2007年的北部湾908专项调查(908专项)都只局限在北部湾东部海域。相比有限的海上调查,通过数值手段研究北部湾水文特征的学术成果较多。首先是北部湾潮汐潮流的数值研究^[3~10],例如,李树华^[3,4]通过数值模型模拟了北部湾的潮波系统,认为北部湾绝大部分为正规全日潮区,南部为不正规的全日潮区。刘爱菊等^[5]以6个分潮同步输入,发现北部为全日潮,而南部的靠岸两侧为不正规全日潮,中间区为不正规

半日潮。北部湾南部存在分潮的无潮点,而北部存在弱化的分潮无潮点^[6~10],北部为不正规全日潮流,南部为正规全日潮流。分潮振幅都是越靠近湾北部越大,最大潮差可达5m^[11,12]。但潮致余流的型态被一致认为:有一股从东向西的潮余流通过琼州海峡进入北部湾,之后沿西北向运动,至 108.5°E 附近折向南,然后与海南岛西岸北上的流汇合共同往西流动,最后在越南沿岸转为西南向流出北部湾^[8,10,13~15]。与潮致余流相比,对北部湾环流结构的认识却存在较大争议,例如,夏季环流存在气旋式和反气旋式两种相反的观点,虽然冬季环流没有这么大的争议,但局部区域存在着不同观点,例如海南岛西北岸流是东北向还是西南向。根据温度和盐度分布情况,1964年中越联合调查推算出北部湾的冬季环流呈气旋式^[1],即外海水从海南岛西南部进入北部湾,沿着海南岛西岸和西北岸北上,在琼州海峡西口汇合琼州海峡的西向流然后共同沿着北部湾北岸往西流动,最后转成南向流沿着湾西岸流出北部湾。有些文献^[16~18]通过数值模型得到了相似的结论,有些文献^[7,19~20]虽然肯定北部湾冬季环流为气旋式,但认为海南岛西北岸为西南向流。这主要是因为冬季海南岛西北岸长时间的观测数据缺乏,多为25h的连续观测数据,因此海流的分析结果受季风的日振荡影响较大,从而使得验证结果不尽相同。**【本研究切入点】**本文收集了海南岛洋浦港外海的1个月连续观测数据,再结合数值模型来分析海南岛西北岸流。另外,基于908专项的大量调查数据,我们构建了三维斜压海流模型,其上层强迫输入日平均风场和热通量,开边界处考虑了外海环流、潮汐强迫以及河流径流的作用。与过去模型把东边界设在 110°E 不同,本文把东边界设在 117°E ,此举不仅可以减少开边界对北部湾环流的影响,而且提

高了琼州海峡处的模拟精度。【拟解决的关键问题】本文主要研究:北部湾冬半年环流季节性变化特征及驱动机制;冬半年南海陆架上较强的西南向流对北部湾环流的影响;海南岛西北岸流在冬半年的具体流向及其驱动机制和琼州海峡流对它的影响。

1 模型设置和验证

1.1 模型设置

本文的数值模型(POM)采用普林斯顿大学的海流模式^[21],该模型有多个优点:以解决原始控制方程进行离散计算;在水平方向上采用曲线正交网格,即 Arakawa C 网格;在垂直方向上采用 σ 坐标,从而能够更好的模拟海底地形;水平时间差分为显式计算,而垂向差分为隐式计算,从而解除了垂向上的时间步长限制,并能够在上边界层和底边界层取足够细的垂向分辨率;具有自由表面和模式分离技术,外模态为二维,基于 CFL 条件和外波速条件,时间步长较短,而内模态为三维,基于 CFL 条件和内波速,允许较大的时间步长;该模型嵌套了 2.5 阶湍封闭模型^[22],从而能够计算垂向混合。

模型计算区域,如图 1 所示,介于 $105.5^{\circ}\text{E}\sim 117^{\circ}\text{E}$, $16^{\circ}\text{N}\sim 23.5^{\circ}\text{N}$ 。水平网格数为 399×399 ,采用曲线坐标,水平分辨率从西北端的 0.9km 向东南端的 2km 过渡。垂向上分为 21 个 sigma 层,其中上边界层和底边界层加密处理。模型的最小水深设为 10m,最大水深位于海区的东南部,为 2129m。为了突出北部湾的水深变化,海南岛外海水深大于 200m 的区域都被标为 1 种颜色。沿岸的圆圈代表河流入海口, QS 代表琼州海峡, HSQ 代表越南的 Hoanh Son Quan 岬角, 1、2、3 分别代表与模拟结果比对的 2007 年 4 月的 3 个观测断面, M4、M5(粉色圆圈)代表流速观测站。海南岛西北岸外海的星号代表连续 1 个月的海流观测站。其中水深场数据来源于 ETOPO2V2,该版本修正了 ETOPO2 在北部湾的水深误差。

上层强迫为季风和热通量,不考虑蒸发和降水的作用。风场和热通量数据分别来源于 Blendedwind 和 Woods Hole 研究所的 OAFflux 项目。开边界输入 6 个主要分潮,包括 K_1, O_1, P_1, M_2, S_2 , 和 N_2 , 调和常数取自俄勒冈大学的中国海潮汐模型。侧边界的流速、水位、温度和盐度则来自于全球 $1/12^{\circ}\text{HYCOM}+\text{NCODA}$ 的数模结果(<http://hycom.org/>),从 2005 年 12 月 1 日至 2007 年 12 月 31 日。初始条件取自全球 $1/12^{\circ}\text{HYCOM}+\text{NCODA}$ 模型的 2005 年 12 月 1 日的温度和盐度,水位和流速从 0 开始积

分。采用 Flather^[23] 的开边界条件来设置正压流速和水位;而斜压流速则采用重力波辐射条件和三点平滑法;开边界的温度和盐度采用迎风格式。内模(斜压)和外模(正压)的时间步长分别为 20s 和 1s。在积分 3 个月后(即 2006 年 3 月 1 日以后),模型输出日平均结果。模型中考虑了珠江、红河以及广西沿岸 6 个河流的月平均径流量。具体的模型设置情况可见 Gao 等^[24]。

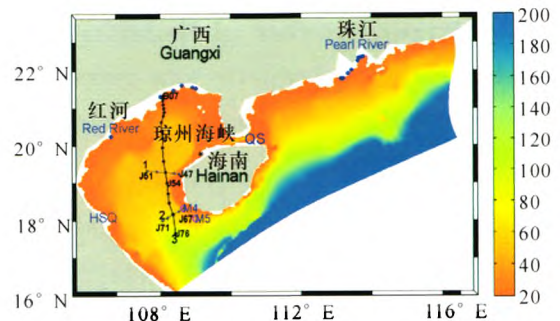


图 1 模型计算区域

Fig. 1 The model domain

1.2 模型验证

限于篇幅,本文仅选择部分验证结果。图 2^[25]和图 3 分别是 908 专项调查和模型模拟的温度、盐度断面分布,其中图 2a,c,e 分别是 908 专项调查 4 月 26 号断面 J47~J51, 4 月 29 号断面 J71~J67, 4 月 29 日断面 J76~B07 的温度,图 2b,d,f 分别是其对应的盐度;图 3a,c,e 分别是模型模拟的温度与 908 调查数据同步的温度,图 3b,d,f 分别是模拟同步的盐度。二者共同揭示了春季北部湾存在南北两个冷水团。北部的冷水团呈低温低盐性质(图 2a,b,a,b),而南部的冷水团呈低温高盐性质(图 2c,d,c,d)。横穿北部湾南北部的断面 J76~B07 则显示南北的两个冷水团被位于 J54 附近的海脊分割开来(图 2e,f,e,f)。

除了温度和盐度断面,本文还收集了 2007 年 4 月 17 日至 5 月 17 日海南岛西南岸 2 个观测站的流速剖面^[26]来验证模型,如图 4。观测和模拟结果都显示 M4 站的中上层流为西北向,而底层 5m 的流呈现旋转性;在 M5 站随着深度增加,流向以逆时针形式旋转直到底边界层。稍微有所差异的是观测结果显示 M5 站的上层为西偏南向,但模拟结果为西向,这是因为模型是选取与观测点最近的格点数据来验证。因此如果选取的格点位置往东南向偏移,那么流向就可变为西南向^[24]。另外,模拟的 M5 站底层流速的旋转性不如观测那么强,这与水深有关。因为深水区的底边界层更容易独自成型^[27],因此模型采用的 ETOPO2V2 的偏浅水深是导致模拟的 M5 站海流旋

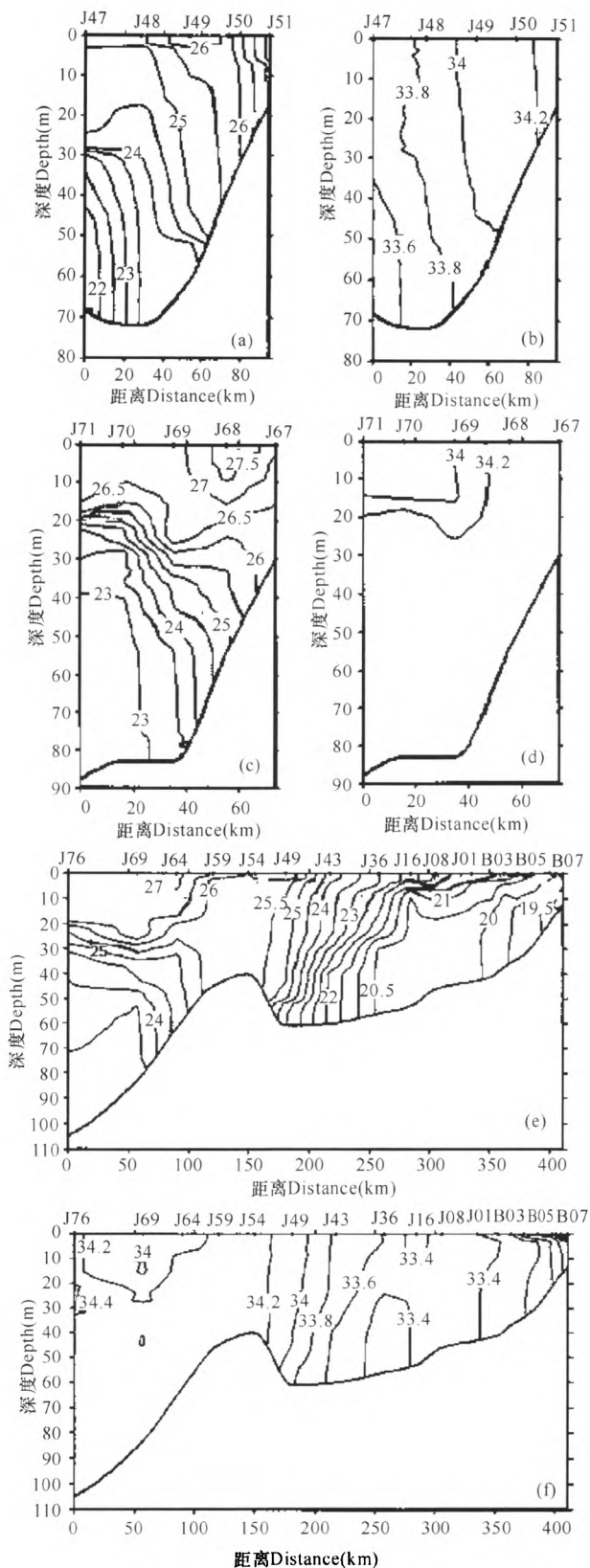


图2 调查的温度(a,c,e)和盐度(b,d,f)分布

Fig. 2 The distribution of observed temperature (a,c,e) and salinity (b,d,f)

转性偏弱的原因之一。

除了与模型同步的908专项观测数据,本文还收集了1964~1965年中越联合调查的温度和盐度数据,如图5c和图5d所示。而模型模拟的2007年1广西科学 2014年2月 第21卷第1期

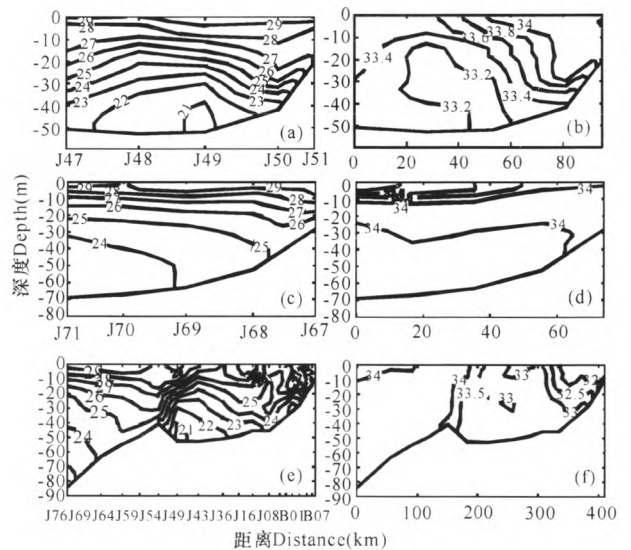


图3 模拟的温度(a,c,e)和盐度(b,d,f)分布

Fig. 3 The distribution of modeled temperature (a,c,e) and salinity (b,d,f)

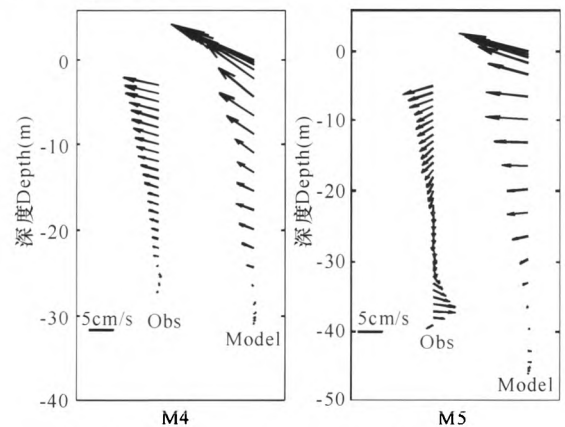


图4 M4和M5站的实测和模拟的流速剖面

Fig. 4 The observed and modeled current profiles at the moorings M4 and M5

月和7月的北部湾表层温度和盐度分布如图5a(代表冬季)和5b(代表夏季)所示,其中实线代表表层水团,虚线代表深层的冷水团,背景色代表温度分布,等值线代表盐度分布,图5a中值19的等值线为19°C等温线。在冬季(图5a,c),北部湾南部为高温高盐水团(水团C)占据,湾北岸是低温低盐水团(水团D),湾西岸是低盐水团(水团A),而湾中部为混合水团(水团B)。在夏季(图5b,d),湾北岸的水团D消失,整个湾北岸和湾西岸都为低盐水团(水团A)占据。但模拟和观测结果也存在些许差异,例如实测的水团A与模拟结果相比要扩散得更南,这是因为观测都是在无风或者小风条件下进行,因此有西南风作用时水团A将往北收缩。另外观测的冷水团E(图5d)对应模型模拟的北部冷水团(图3a)。

总的来说,本文模拟结果与历史观测数据和908专项调查同步数据吻合较好,既有流速剖面验证又有

温度、盐度断面对比,因此本文将基于该模型结果详细分析北部湾冬半年的环流特征及驱动机制。

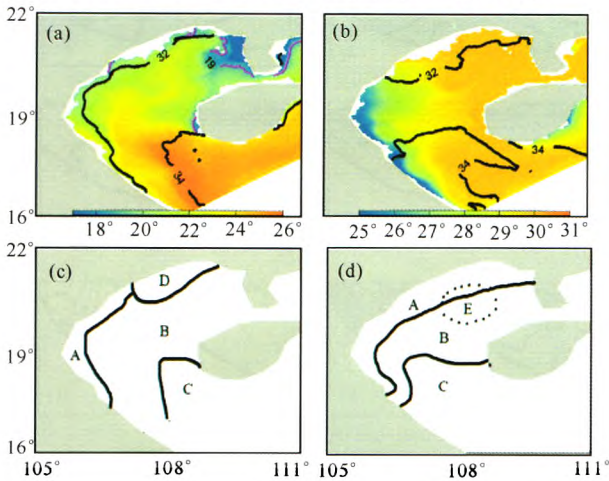


图5 模拟(a,b)和调查(c,d)的冬季(a,c)和夏季(b,d)水团对比

Fig. 5 The comparison of modeled (a,b) and observed (c,d) water masses in winter(a,c) and in summer(b,d)

2 冬半年环流模拟结果与分析

2.1 环流特征

过去的诊断模型采用全场均一或者月平均风场^[6,7,19],因此秋、冬季环流的季节变化特征刻画得不够精细。本文采用日平均风场模拟北部湾秋、冬季环流,如图6,背景色代表水位。选用2006年10月代表秋季(图6a),2007年1月代表冬季(图6b)。由于东北季风的累积效应,冬季的平均水位为0.86m(图6b),高于秋季的0.81m水位(图6a)。秋季,北部湾南北部的水位值基本处于均一状态;冬季,南部的的水位明显高于北部,这是因为东北季风作用下北部的水往南部堆积。

冬半年,垂向平均的环流总体呈气旋式(图6),与之相对应,整个北部湾为正的相对涡度(以下称涡度)所占据(图7)。北部湾秋季和冬季的平均流速分别为9.3 cm/s和8.8 cm/s,秋季比冬季略强。相应的,秋季的相对涡度平均值也比冬季的略大。在北部湾南部的中央区域,秋季的气旋式环流能够侵入北部湾北部更深,进而影响北部的环流结构。另外,秋季时外海环流从海南岛南岸进入北部湾南部,随后沿海南岛西岸北上(图6a),此时海南岛西岸呈现负的涡度(图7a),即该段流呈现出反气旋特征。冬季时海南岛西岸的负涡度控制面积和强度更大,这是因为海南岛西岸由秋季的北向流转为较强的南向流。

在北部湾北部,冬季有较强的正涡度封闭区域,大概位于19~20.5°N,105~108°E(图7b),对应着封闭的气旋式环流(图6b)。而组成该气旋式环流南

翼的支流则是由于冬季北部海水在南部堆积后产生的压强梯度力而生成的补偿流。但在秋季,受南部环流侵入的影响,该北向支流并没有出现,因此该气旋式环流也不存在(图6a)。在冬半年越南沿岸为正涡度控制(图7),即南向流控制(图6),而且该南向流在冬季比秋季更明显,说明该支流受东北季风作用。

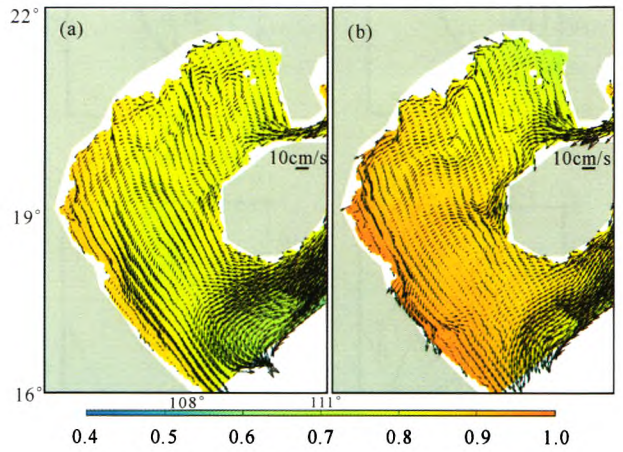


图6 秋季(a)和冬季(b)的垂向平均环流

Fig. 6 The vertically averaged circulation in autumn (a) and winter (b)

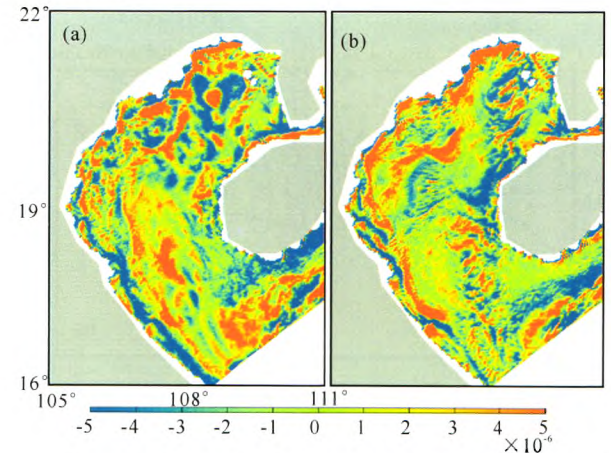


图7 秋季(a)和冬季(b)垂向平均环流的相对涡度分布

Fig. 7 The distribution of relative vorticity in autumn (a) and winter (b) calculated by the vertically averaged circulation

由于东北季风足够强劲(9m/s),因此在北部湾南部呈现Ekman漂流性质,即表层和40m层的环流比较相似,都为气旋式环流,如图8所示,其中图8a,c的背景色代表盐度,8b,d的背景色代表温度。但在湾北部的40m层,存在明显的北向补偿流(图8b,d)。在秋季,由于南部气旋式环流的入侵,因此湾北部的北向补偿流仅存在于北端(图8b)。另外,表层环流流速大于40m层的流速,而且表层流速在秋季和冬季存在季节性变化。在秋季,表层流基本为西向(图8a),而冬季为西南向流(图8c)。但在湾的西岸,无论秋季还是冬季都为较强的南向流控制。

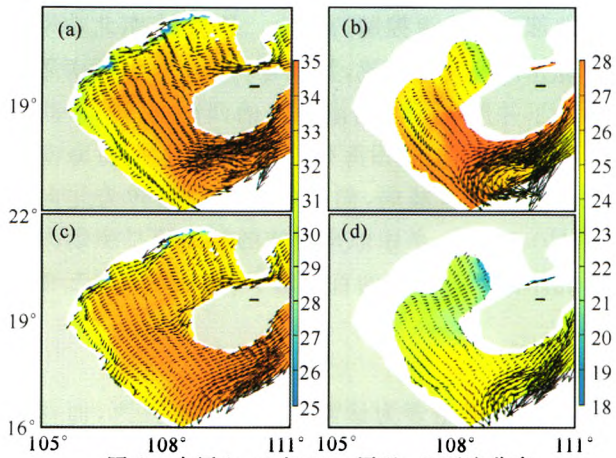


图8 表层(a,c)和40m层(b,d)环流分布

Fig. 8 The distribution of circulation at surface (a, c) and 40m (b, d)

2.2 季风作用

采用 Blended 的日平均风场。从图 9a 可以看出,虽然冬半年北部湾盛行东北季风,但期间也存在较强的东南风事件,例如 2006 年 11 月的中下旬,其北向分量 (v) 的风速可达 8m/s。随后,北部湾重新受东北季风控制,直到 2007 年 2 月末东北季风开始向东南季风转换。图 9b 为低通滤波后的风场,本文采用 Lanczos 滤波器(截断周期为 80d),把季风的季节性振荡分量和高频振荡分量分离出来。从图 9b 可以发现除了 2007 年 2 月末的东南季风,北部湾在冬半年基本为东北季风控制。对比图 9a 和 9b,可以发现 2006 年 11 月的东南风事件是由其高频振荡分量引起的,正是这种无季节性规律的寒潮大风事件对北部湾环流影响较大。

从图 10a 可以看出,流场的高频振荡特征较明显;从图 10b 可以看出,流场的季节性分量在 1 月前以西北向流为主,而在 1 月和 2 月为东北向流为主,与季风有所相关。相关性分析结果表明流场的南北向分量和季风的南北向分量有较高的相关性,其相关系数为 0.62。虽然流场的东西向分量与季风的東西向分量相关性较低,但与季风的南北向分量相关性较高(相关系数为 0.57)。因此,风场的南北向分量对北部湾环流贡献较大,而东西向分量作用较小,这是因为季风的南北向分量比东西向分量的量值要大(图 9a)。但滤波后的季节性分量中 u 和 v 量值相当(图 9b),这说明季风的高频振荡对北部湾环流起更重要作用,因此在模拟北部湾环流时应尽可能使用时间分辨率较高的风场数据。与其他文献相比,本文使用日平均风场来模拟环流所得到的结果更为细致精确。另外,与 11 月中下旬的东南风事件相对应(图 9a),此时北部湾流场为东北向流(图 10a),说明季风对北部湾环流起关键性作用。

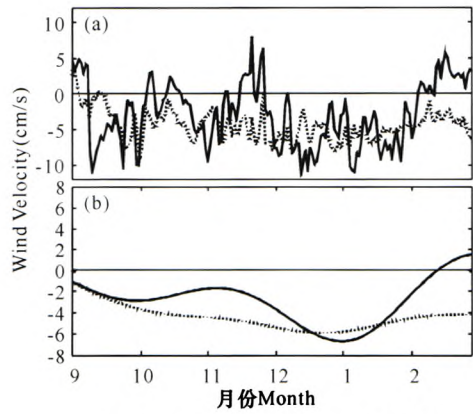


图9 日平均风场的时间变化序列

Fig. 9 The time series of daily averaged wind field
(a)原始序列;(b)低通滤波后的序列

(a)Time series of the origin data;(b)Time series of the lowpass filtered data.

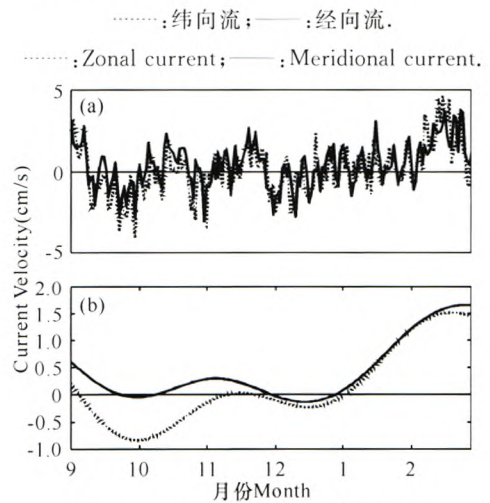


图10 日平均流场时间变化序列

Fig. 10 The time series of daily averaged current
(a)原始序列;(b)低通滤波后的序列

(a)Time series of the origin data;(b)Time series of the lowpass filtered data.

.....: 纬向流; ——: 经向流.

.....: Zonal current; ——: Meridional current.

为了进一步分析季风的作用,本文通过无季风驱动的敏感性实验来分析环流的变化特征,如图 11 所示,其中背景色代表水位。在北部湾北部,秋季的垂向平均环流在有季风驱动时为气旋式且湾中间有一反气旋式环流(图 6a)。但无季风驱动时,该反气旋式环流往外扩展,基本占据整个北部湾北部,此时琼州海峡流转成东向(图 11a)。南部的气旋式环流在有季风驱动时可向北侵入至 19°N(图 6a),但无季风驱动时该气旋式环流只存在于 18°N 以南,而且往越南沿岸收缩(图 11a)。在冬季,无季风驱动时北部湾平均流速为 2.85cm/s(图 11b),而有季风驱动时平均流速为 4.81cm/s(图 6b),由此说明冬季北部湾环流主要受东北季风驱动。与秋季一样,无季风驱动时

北部的环流变为反气旋式,而南部的气旋式环流仅存在于湾口处(图 11b)。总的说来,北部湾冬半年环流主要受季风控制,其中北部的环流受局地风的直接驱动,而南部的气旋式环流则是东北季风驱动的南海陆架流侵入北部湾而形成的。

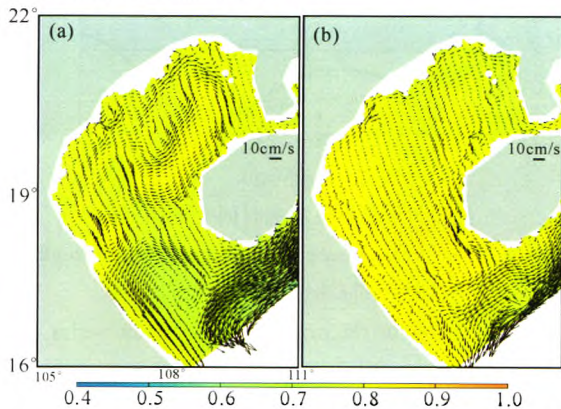


图 11 无季风驱动时秋季(a)和冬季(b)的垂向平均环流
Fig. 11 The vertically averaged circulation in autumn (a) and winter (b) without the forcing of monsoon

2.3 海南岛西北岸流

由于冬季海南岛西北岸的环流存在争议^[16~20],因此本文收集洋浦港外海在 2005 年 12 月 25 日至 2006 年 1 月 25 日的 1 个月海流流向观测数据来分析,站点位置如图 1 中的黑色星号所示。图 12b 为观测的垂向平均余流的流向变化曲线,结果发现流向值介于 120°~180°,说明洋浦港外海流在冬季为西南向,而模拟结果同样显示海南岛西北岸为较强的西南向流控制(图 6b)。另外,观测结果显示从表层到底层流向逐渐往南向偏转,即往左偏转(图 12a),与经典的 Ekman 漂流有所不同,说明该处的流场不为局地风驱动。事实上,侍茂崇等^[28]通过分析该站的 1 个月现场观测的风场和潮位数据发现该站的流场与局地风和潮位的相关性都不高,从而提出该站流场受

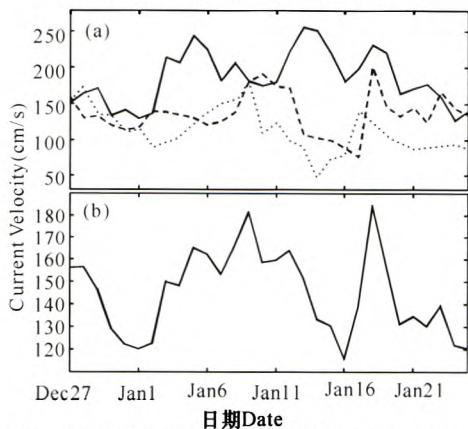


图 12 海流变化曲线(a)及平均后的流向变化曲线(b)
Fig. 12 The time series of the current direction in vertical (a) and of the vertically averaged current direction (b)
—: 表层; ·····: 中间层; ·····: 底层
—: Surface; ·····: Middle; ·····: Bottom

整个北部湾风生流控制的结论。冬季,在东北季风驱动下琼州海峡为西向流,其中有一分支可沿海南岛西北岸南下并形成了洋浦港外海的西南向流(图 6b)。当无季风驱动时,琼州海峡转为东向流,此时海南岛西北岸的南向流减弱,而且洋浦港外海转为北向流(图 11b)。因此,冬季琼州海峡的西向流是驱动海南岛西北岸的西南向流的首要因子,而东北季风起辅助作用。

3 结论

过去的模型多为诊断模型^[6,7,13,14,18~20],而且使用月平均风场来驱动北部湾环流,使得模拟的冬季环流结构和特征存在争议。本文基于 POM 模型,使用日平均风场模拟北部湾 2006~2007 年的环流,并得到与 908 专项调查的海流、温度和盐度数据相近的模拟结果。研究表明:

(1) 冬半年北部湾垂向平均环流整体呈气旋式,嵌套着南部的气旋式环流,而湾北部的中央区域存在着补偿性的北向流,该环流是受东北季风驱动使得海水在湾西南岸堆积而造成的倾斜流。

(2) 东北季风的高频振荡特征使得秋季和冬季的环流存在季节性变化特征:北部湾南部的气旋式环流在秋季可向北侵入至 19°N,比冬季深入得多;冬季湾西岸和海南岛西北岸的南向流要比秋季强;这种季节性变化特征可从表层直达深层。

(3) 北部湾环流与季风的南北向分量相关性较高;冬半年北部湾的北部环流受局地风直接驱动,南部环流通过季风驱动的南海陆架流侵入北部湾而形成的;季风的高频振荡对北部湾环流的作用与季节性分量相当,因此模拟北部湾环流时尽可能用时间分辨率高的风场。

(4) 通过洋浦港外海的 1 个月海流观测资料,发现实测和模拟结果都显示海南岛西北岸在冬季为西南向流,冬季琼州海峡的西向流是驱动该西南向流的首要因子,而东北季风起辅助作用。

下一步,我们将继续深入研究北部湾其他未解决的科学问题,如在东北季风作风下,粤东沿岸的低温低盐水通过琼州海峡进入北部湾,对其冷水团及北部环流所起的影响等。

参考文献:

[1] 国家科委海洋组海洋综合调查办公室. 中越合作北部湾海洋综合调查报告[R]. 北京:国家科委,1964.
Oceanic comprehensive survey office of ocean group of State science and technology commission. China-Vietnam Joint Beibu Gulf comprehensive survey report[R]. Beijing:State science and technology commission,1964.

- [2] 中越北部湾海洋综合调查队. 中越北部湾海洋综合调查报告[R]. 北京: 国家科委, 1965.
China - Vietnam Joint oceanic comprehensive survey team. China-Vietnam Beibu Gulf comprehensive survey report [R]. Beijing: State science and technology commission, 1965.
- [3] 李树华. 北部湾潮汐潮流数值计算[J]. 海洋通报, 1985, 4(6): 6-9.
Li S H. Numerical simulation of tide and tidal current in the Beibu Gulf[J]. Marine Science Bulletin, 1985, 4(6): 6-9.
- [4] 李树华. 北部湾潮波的数值模拟试验[J]. 热带海洋, 1986, 5(3): 7-14.
Li S H. A numerical modeling of the tidal wave in the Beibu Gulf[J]. Tropical Oceanography, 1986, 5(3): 7-14.
- [5] 刘爱菊, 张延廷. 北部湾潮汐数值预报及分析[J]. 中国海洋与湖沼, 1997, 28(6): 640-645.
Liu A J, Zhang Y T. Numerical prediction and analysis of the tide in Beibu Gulf[J]. Chinese Journal Oceanologia Limnologia, 1997, 28(6): 640-645.
- [6] 夏华永, 李树华, 侍茂崇. 北部湾三维风生流及密度流模拟[J]. 海洋学报, 2001, 23(6): 11-23.
Xia H Y, Li S H, Shi M C. Three-D numerical simulation of wind-driven current and density current in the Beibu Gulf[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2001, 23(6): 11-23.
- [7] 孙洪亮, 黄卫民, 赵俊生. 北部湾潮致、风生和热盐余流的三维数值计算[J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(5): 561-568.
Sun H L, Huang W M, Zhao J S. Three-dimensional numerical simulation of tide-induced, wind-driven and thermohaline residual currents in the Beibu Gulf [J]. Oceanologia ET Limnologia, 2001, 32(5): 561-568.
- [8] 曹德明, 方国洪. 北部湾潮汐和潮流的数值模拟[J]. 中国海洋与湖沼, 1990, 21(2): 105-113.
Cao D M, Fang G H. A Numerical model of the tides and tidal currents in Beibu Gulf [J]. Chinese Journal Oceanologia Limnologia, 1990, 21(2): 105-113.
- [9] 吴自库, 王丽娅, 吕咸青, 等. 北部湾潮汐的伴随同化数值模拟[J]. 海洋学报, 2003, 25(2): 128-135.
Wu Z K, Wang L Y, Lv X Q, et al. A Numerical model of tides in the Beibu Gulf by adjoint method[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2003, 25(2): 128-135.
- [10] 徐振华. 北部湾潮汐潮流的数值模拟及数值实验 [D]. 山东: 中国海洋大学, 2006.
Xu Z H. Numerical simulation and tests for tide and tidal current in the Beibu Gulf [D]. Shandong: Ocean University of China, 2006.
- [11] 俞慕耕. 南海潮汐特征的初步探讨[J]. 海洋学报, 广西科学 2014年2月 第21卷第1期
1984, 6(3): 293-300.
Yu M G. Primary research on the tidal characteristics in the South China Sea[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1984, 6(3): 293-300.
- [12] 沈育疆, 胡定明, 梅丽明, 等. 南海潮汐数值计算[J]. 海洋湖沼通报, 1985, 1: 1-11.
Shen Y J, Hu D M, Mei L M, et al. Numerical computation of the tides in the South China Sea[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 1985, 1: 1-11.
- [13] Sun H L, Huang W M. Three-dimensional numerical simulation for tide and tidal current in the Beibu Gulf [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2001, 20(1): 29-38.
- [14] 陈波, 李培良, 侍茂崇, 等. 北部湾潮汐余流和风生海流的数值计算与实测资料分析[J]. 广西科学, 2009, 16(3): 346-352.
Chen B, Li P L, Shi M C, et al. Numerical computation and analysis of observational data of tide-induced residual currents and wind-driven currents in Beibu Gulf [J]. Guangxi Sciences, 2009, 16(3): 346-352.
- [15] 赵昌, 吕新刚, 乔方利. 北部湾潮波数值研究[J]. 海洋学报, 2010, 32(4): 1-11.
Zhao C, Lv X G, Qiao F L. Numerical study of the tidal waves in the Beibu Gulf[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2010, 32(4): 1-11.
- [16] 谭光华. 北部湾海区水文结构及其特征的初步分析[J]. 海洋湖沼通报, 1987(4): 7-15.
Tan G H. Preliminary analysis of hydrologic structure and hydrologic feature in the sea region of the Beibu Gulf[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 1987(4): 7-15.
- [17] 俞慕耕, 刘金芳. 南海环流系统与环流形势[J]. 海洋预报, 1993, 10(2): 13-17.
Yu M G, Liu J F. South China Sea circulation system and situation[J]. Marine Forecasts, 1993, 10(2): 13-17.
- [18] 王道儒. 北部湾冷水团的动力-热力机制研究[D]. 山东: 中国海洋大学, 1998.
Wang D R. Study of the dynamic-thermodynamic mechanic of Beibu Gulf cool water masses[D]. Shandong: Ocean University of China, 1998.
- [19] 俎婷婷. 北部湾环流及其机制的分析[D]. 山东: 中国海洋大学, 2005.
Zu T T. Analysis of the current and its mechanism in the Beibu Gulf [D]. Shandong: Ocean University of China, 2005.
- [20] 袁叔尧, 邓九仔. 北部湾环流数值研究[J]. 南海研究与开发, 1999, 2: 41-46.
Yuan S Y, Deng J Z. Numerical research on the circulation in the Beibu Gulf [J]. Nanhai Yanjiu Yu Kaifa, 1999, 2: 41-16.

- [21] Blumberg A F, Mellor G L. A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model, in Three-Dimensional Coastal Ocean Models[M]. 4th ed. Washington D C: Heaps N, AGU, 1987: 1-16.
- [22] Mellor G L, T Yamada T. Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems[J]. Rev Geophys Space Phys, 1982, 20: 851-875.
- [23] Flather R A. A tidal model of the northwest European continental shelf. Memories de la Societe Royale des Sciences de Liege[J]. [s. n.], 1976, 6(10): 141-164.
- [24] Gao J S, Xue H J, Chai F, et al. Modeling the circulation in the Gulf of Tonkin, South China Sea[J]. Ocean Dynamics, 2013, 63(8): 979-993.
- [25] 黄志达, 胡建宇, 孙振宇, 等. 北部湾海洋科学研究论文集(第2辑): 北部湾东部海区 2007 年春季航次温度、盐度和密度的分布特征[C]. 北京: 海洋出版社, 2009: 92-99.
- Huang Z D, Hu J Y, Sun Z Y, et al. The essay collection of the researches on the ocean science in the Beibu Gulf- PT II : Distributions of temperature, salinity and density in the eastern Beibu Gulf in spring 2007[C]. Beijing: Ocean Press of China PP, 2009: 92-99.
- [26] 王建丰, 王毅, 孙双文. 北部湾海洋科学研究论文集(第2辑): 北部湾东南春季实测潮流、余流特征[C]. 北京: 海洋出版社, 2009: 47-55.
- Wang J F, Wang Y, Sun S W. The essay collection of the researches on the ocean science in the Beibu Gulf- PT II : Tidal currents and residual currents in the southeastern Beibu Gulf in spring[C]. Beijing: Ocean Press of China PP, 2009: 47-55.
- [27] Durski S M, Glenn S M, Haidvogel D B. Vertical mixing scheme in the coastal ocean: Comparison of the level 2. 5 Mellor-Yamada scheme with an enhanced version of the K-Profile parameterization [J]. J Geophys Res, 2004, 109: C01015.
- [28] 侍茂崇, 高劲松, 陈波, 等. 洋浦港附近冬季潮余流特征分析[J]. 海洋湖沼通报, 2011(2): 1-6.
- Shi M C, Gao J S, Chen B, et al. Analysis on the tidal current the residual current near the Yangpu port in winter[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2011(2): 1-6.

(责任编辑: 尹 闯)

广西开展清洁养殖助农增收

新闻时间: 2014-1-24

1月13日, 一项覆盖广西、为期一年的“清洁养殖·助农增收”大行动在广西贵港市港北区启动。此项大行动旨在让广大养殖场户真正成为“美丽广西·清洁乡村”活动的主体, 从污染源头治理上建立起“清洁家园”、“清洁水源”、“清洁田园”的长效机制。

此次行动主要以农村中小规模养猪场为对象, 以解决当前生猪养殖中普遍存在的环境污染严重、技术和设备落后、管理粗放、效益低下等突出问题为重点, 以推广业经试验成功的扬翔清洁养殖新模式为主要技术手段, 促进广西养猪业走上健康发展轨道。行动实施大培训, 开展大比武, 推行大清洁, 实现大增收, 进行大奖励。面向全广西, 力求实现广西辖区内所有乡镇全覆盖, 凡饲养母猪5头以上的农户均可参加, 通过新模式的运用, 解决生猪生产污染的难题, 促进养殖业健康发展, 实现农民养猪持续增收。旨在每窝猪实现增收2000元以上; 以每户饲养母猪5头计, 年实现增收2万元以上。并对做出突出贡献的相关人员给予相应的奖励, 同时组织到区外或境外考察学习。

养猪业是广西大农业中分量最重的产业, 其中中小规模养猪场生猪供应量占生猪供应总量50%以上。发起此项大行动的广西扬翔股份有限公司是广西最大的生猪产业化龙头企业, 已经形成饲料生产、畜禽养殖、食品加工完整产业链。扬翔公司董事长黄定寿表示, 发展清洁养殖是大势所趋, 势在必行。生猪产业需要继续发展, 农民收入需要持续增加, 生态环境又要保护改善, 根本出路就是大力倡导和广泛推行“清洁养殖”。

为改善广西乡村群众生活生产条件、创造良好人居环境, 广西从2013年起, 用2年时间在全区开展“美丽广西、清洁乡村”活动。

(摘自科技日期)