

## 钦州湾潮流季节变化特征\*

# Characteristics of Current Seasonal Changes in Qinzhou Bay

董德信<sup>1</sup>,李谊纯<sup>2</sup>,陈宪云<sup>1</sup>,陈波<sup>1</sup>,许铭本<sup>2</sup>

DONG De-xin<sup>1</sup>,LI Yi-chun<sup>2</sup>,CHEN Xian-yun<sup>1</sup>,CHEN Bo<sup>1</sup>,XU Ming-ben<sup>2</sup>

(1. 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;2. 广西北部湾海洋研究中心,广西南宁 530007)

(1. Guangxi Key Laboratory of Costal Marine Environmental Science, Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China; 2. Guangxi Beibu Gulf Marine Research Center, Nanning, Guangxi, 530007, China)

**摘要:**【目的】为科学开发和利用钦州湾的海洋资源,研究钦州湾潮流季节性变化特征。【方法】收集 2006~2012 年钦州湾潮流实测资料,结合准调和分析方法,初步获得茅尾海以及钦州湾外湾潮流季节特征。【结果】茅尾海夏季潮流显著强于冬季,潮汐河口夏季受径流影响强烈。外湾夏、秋季节潮流强于冬节,西水道潮流较强,中水道次之,东水道相对较弱;三墩公路建设导致其东侧浅滩潮流明显增强。除夏季潮汐河口余流较大外,钦州湾余流普遍不强。【结论】钦州湾属不规则全日潮海区,潮流运动形式为往复流,落潮流速一般大于涨潮流速,涨潮历时长于落潮历时;龙门水道潮流动力最为强劲,其次为其它主流潮汐通道。

**关键词:**钦州湾 潮流 季节特征 余流

**中图分类号:**P731.21 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2014)04-0351-06

**Abstract:**【Objective】For scientific development and utilization of marine resources in Qinzhou Bay, the characteristics of current seasonal changes were studied in the bay. 【Methods】The measured current data from 2006 to 2012 were collected, and preliminary characteristics of the current seasonal changes in Maowei Sea and outer Qinzhou Bay were obtained by means of quasi-harmonic analysis method. 【Results】In Maowei Sea, summer current is significantly stronger than the winter one, and the tidal estuary is strongly affected by runoff in summer. Outer Qinzhou Bay, the current in summer and autumn is stronger than in winter, and the west waterway current is strongest, followed by middle waterway, but the east waterway is relatively weakest. The construction of Sandun Road leads to markedly enhance the current at its eastern shallow. Residual current is strong in summer at the tidal estuary, but beyond that, it is generally not strong in Qinzhou Bay. 【Conclusion】Qinzhou Bay belongs to irregular diurnal current sea, and its current movement form is reciprocating flow type. Ebb current velocity is generally greater than flood current velocity, while flood duration is longer than ebb duration. The cur-

rent at Longmen waterway is the most powerful, followed by other major tidal channels.

**Key words:** Qinzhou Bay, current, seasonal characteristics, residual current

收稿日期:2014-06-20

修回日期:2014-06-28

作者简介:董德信(1980-),男,助理研究员,主要从事河口海岸物质运输研究。

\* 广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻 1355007-13),广西科学院基本科研业务费项目(11YJ24HY01,12YJ25HY08)资助。

【研究意义】钦州湾由内湾(茅尾海)、外湾(钦州

湾)构成,其沿岸目前处于快速开发建设阶段,地形地貌正发生显著改变,由此可能导致的海洋动力环境变化不容忽视。【前人研究进展】近年来,已有不少学者<sup>[1~6]</sup>采用实测资料分析或数值模拟等手段对钦州湾的潮流特征进行了研究,取得了一批具有较高价值的成果。【本研究切入点】已有的研究成果或仅针对某次实测资料进行分析计算,或选取资料较早,已不能完全反映钦州湾近几年开发利用导致的海洋动力环境变化。【拟解决的关键问题】为此,本文收集整理了2006~2012年钦州湾不同海域不同季节潮流观测资料,结合准调和分析方法<sup>[7]</sup>,分析钦州湾潮流季节变化特征,为准确把握钦州湾的潮流变化状况及其科学合理开发利用海洋资源提供参考。

## 1 研究区域概况

钦州湾由内湾(茅尾海)、外湾(钦州湾)构成,两湾之间由狭窄的龙门潮汐通道相连,南面与北部湾相通,是一个典型的溺谷型海湾,潮汐属正规全日潮,潮流属不规则全日潮流<sup>[8]</sup>。茅尾海位于钦州湾顶部,呈袋状,口门宽约3.7km,东、西、北三面为陆地所围绕,东西走向15km,南北走向17km,总面积约135km<sup>2</sup>,其中0m等深线(理论基面)以上面积约80km<sup>2</sup>,占茅尾海总面积59.3%。湾内港汊众多,发育有大片浅滩(图1)。茅尾海顶部有钦江、茅岭江注入,钦江年均径流量11.69亿m<sup>3</sup>,茅岭江年均径流量15.97亿m<sup>3</sup>。茅尾海水深适宜,滩涂广阔,分布有全国最大的海岛红树林湿地,此外由于湾内有入海河流注入,咸淡水交汇,海中浮游植物丰富,非常适宜大蚝、青蟹等海产品繁殖生长,海水养殖业发达。

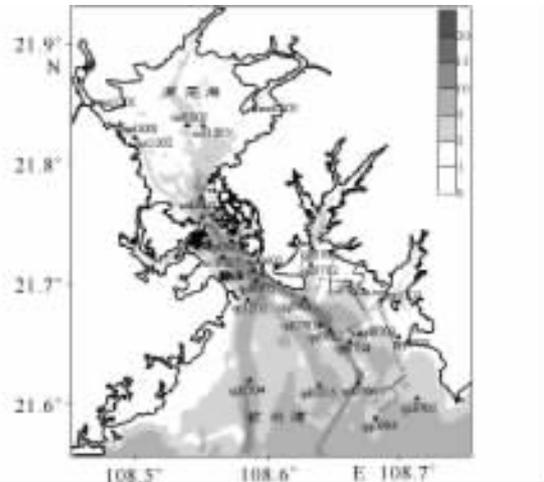


图1 钦州湾水文测站分布及地形(实线为2008年前岸线,虚线为2012年现状岸线)

Fig. 1 Distribution of hydrological station and the terrain in Qinzhou bay (solid line, the coastline before 2008; dotted line, the coastline in 2012)

钦州湾外湾为重要的港口航运区,自青菜头向南呈喇叭状展开,分布有潮间浅滩、潮沟、潮流深槽、潮流沙脊、拦门沙等水下地貌,并有金鼓江、鹿耳环江、大灶江等小溪注入。湾内的潮流深槽主要有东、中、西三个水道,其中东水道自然水深5~24m,中水道为5~8m,西水道为5~15m。近年来,东水道已扩建浚深,其东侧大片滩涂已围垦成陆;2009年底基本建成的三墩公路,已将原鹿耳环江潮沟截断。

为分析钦州湾近年来不同季节潮流变化特征,本文收集整理了广西科学院与其它相关科研院所<sup>[9~11]</sup>2006~2012年在钦州湾不同季节进行水文观测的资料,涉及的测站分布见图1,图中各测站代码含义为:首字母m表示茅尾海,q表示钦州湾;c、x、q、d分别表示春、夏、秋、冬;数字前两位为年份,后两位为同步测站的序号。为便于叙述,以下分茅尾海与钦州湾(外湾)两个海域,对实测潮流资料进行计算分析。

## 2 茅尾海海域潮流分析

茅尾海水深较浅,地形复杂,大片水域被围垦养殖。近年来,鲜见有茅尾海海域的水文观测资料,目前仅收集到二次周日同步实测数据。

### 2.1 冬季

站点md1001~md1005观测时间为2010年1月下旬大潮期,此时为枯水期,低潮时大片浅滩出露,除龙门水道附近的md1004与md1005调查数据完整外,md1001~md1003均在低潮时个别时刻缺测,文中作了插值处理。统计发现,位于茅岭江河口附近md1001站的涨潮最大流速为0.57m/s,涨潮平均流速0.31m/s,落潮最大流速0.79m/s,落潮平均流速0.39m/s。茅尾海中部潮沟内md1002站的涨潮最大流速为0.59m/s,涨潮平均流速为0.32m/s,落潮最大流速0.90m/s,落潮平均流速0.52m/s;沙井岛东侧md1003站涨潮最大流速为0.60m/s,涨潮平均流速0.38m/s,落潮最大流速0.71m/s,落潮平均流速0.44m/s。md1004、md1005站分别位于龙门水道北端东侧与中端西侧,md1004站涨、落潮最大流速分别可达1.08m/s、1.41m/s,md1005站涨、落潮最大流速分别为0.72m/s、1.06m/s。

### 2.2 夏季

mx1201~mx1203为2012年6月上旬大潮期观测,此时茅尾海初步进入丰水期。mx1201站位于茅岭江下游,受径流影响较大,涨潮最大流速0.43m/s,落潮最大流速0.53m/s,涨、落潮平均流速分别为0.25m/s、0.31m/s。位于茅岭江河口潮汐通道的mx1202站,涨潮最大流速0.71m/s,落潮最大流速

1.07m/s, 涨、落潮平均流速分别为 0.41m/s、0.74m/s。茅尾海中部潮沟内 mx1203 站, 涨、落潮最大流速分别为 0.77m/s、0.72m/s, 涨、落潮平均流速分别为 0.39m/s、0.50m/s。

### 2.3 冬季与夏季潮流特征比较分析

从图 2(a)中可见,受地形影响,茅尾海潮流运动形式为典型的往复流,潮流流向与潮沟、水道走向基本平行,落潮流速一般大于涨潮流速。对于受径流影响较大的潮汐河口测站(mx1201、mx1202),大潮期间,落潮历时大于涨潮历时 1~3h,而在其它区域则反之,涨潮历时大于落潮历时 1~4h。从潮流季节分布上看,夏季为丰水期,雨量、径流量较为丰沛,同时可能受到天文因素及实测期间天气状况影响,对于相邻区域站点,如 md1001 与 mx1202,夏季潮流流速显著强于冬季。从空间分布上看,受径流影响的潮沟处相较于浅滩或稍开阔潮沟区域的潮流动力强,如夏季的 mx1202 比 mx1201、mx1203 同步时刻的流速大;但当冬季时径流量小,此时处于中部潮沟 md1002 的流速大于受径流影响小的 md1001 及 md1002 处流速。受独特的地理环境限制,龙门水道附近的潮流动力最为强劲,其最大落潮流速超过 1.40m/s,最大涨潮流速亦达 0.72m/s。从余流分布上看,冬季,茅尾海余流较小,md1005 余流最大,但仅为 0.082m/s,流向为正南向,md1004 余流与之相差不大,md1001 与 md1002 余流均不超过 0.05m/s;夏季,位于茅岭江河口区附近的 mx1201、mx1202 余流分别为 0.11m/s、0.30m/s(流向为东南向),处于开阔区域的 mx1203 余流很小,这表明,由于夏季径流量显著增强,河口区余流主要受径流支配。冬、夏二季各测站余流分布见表 1。

表 1 茅尾海冬、夏季余流分布

Table 1 Residual current distribution of Maowei Sea in winter and summer

余流 Residual current	冬季 Winter					夏季 Summer		
	md1001	md1002	md1003	md1004	md1005	mx1201	mx1202	mx1203
流速 Velocity ( $m \cdot s^{-1}$ )	0.044	0.035	0.073	0.08	0.082	0.11	0.30	0.02
流向 Direction ( $^{\circ}$ )	94	167	193	108	176	133	135	130

此外,准调和分析结果显示,各测站潮流性质判别系数介于 2~4,表明茅尾海海域潮流属不规则全日潮潮流,主要分潮(K1、O1、M2)椭圆旋转率均小于 0.1,从另一个方面反映茅尾海潮流的往复流性质。

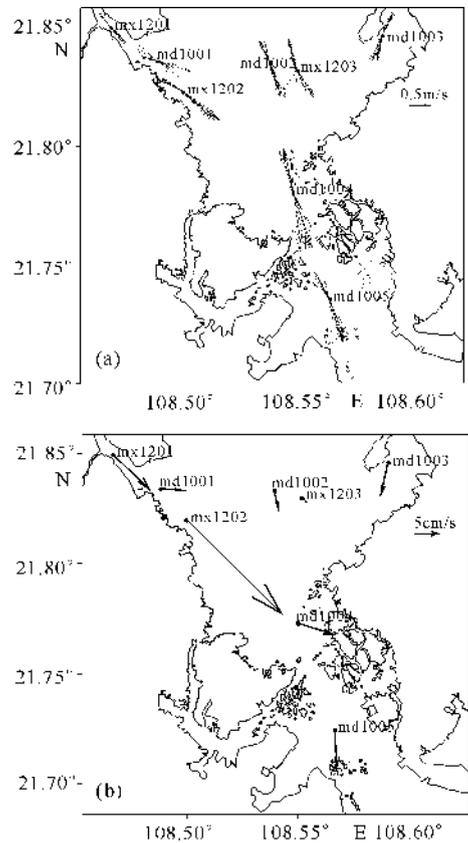


图 2 茅尾海冬、夏季潮流矢量(a)及余流(b)

Fig. 2 Current vector (a) and residual current (b) of Maowei Sea in winter and summer

### 3 钦州湾外湾海域潮流分析

钦州湾外湾为重要的港口航运区,近年来钦州湾的大规模开发建设多集中于此,针对不同工程项目,不少科研院所对钦州湾的水文环境进行过多次观测,以下选取部分资料进行统计分析。

#### 3.1 春季

目前收集到的春季钦州湾潮流观测资料较少,2011年3月初在青菜头岛西南方、钦州港西航道附近布设1个潮流站 qc1101 进行周日连续观测,此时正值中潮向小潮过渡期,潮流已开始呈现半日潮特征,一天之内有两次涨落,表层最大流速达 0.75m/s,流向为 N 向,中、底层最大流速分别为 0.71m/s、0.45m/s,流向与表层一致。最大落潮流速发生在表层,约 0.54m/s,流向为 S 向。

#### 3.2 夏季

qx0601、qx0602 为 2006 年 7 月下旬大潮期观测。位于龙门水道附近的 qx0601,实测流速较大,最大流速 1.1m/s,流向为东南偏东向,涨潮平均流速约为 0.56m/s,落潮平均流速约 0.59m/s;钦州燃煤电厂附近 qx0602 最大流速 0.92m/s,流向为东南向,涨、落潮平均流速分别为 0.41m/s、0.66m/s。

qx0701、qx0702 为 2007 年 8 月下旬大潮期观测,两个测站均位于金鼓江航道内,qx0701 最大流速为 0.53m/s,流向为正北向,涨、落潮平均流速分别为 0.32m/s、0.29m/s;qx0702 最大流速为 0.82m/s,流向亦为北向,涨、落潮平均流速分别为 0.38m/s、0.40m/s。qx0703~qx0705 观测时间为 2007 年 6 月下旬大潮期,位于当时尚未建成的三墩公路东、西两侧附近;qx0703 位于鹿耳环江潮沟内,最大流速 0.48m/s,流向为西南向,涨、落潮平均流速分别为 0.15m/s、0.23m/s;qx0704 位于东航道东侧沙脊附近,最大流速为 0.48m/s,流向为正南向,涨、落潮平均流速为 0.22m/s、0.27m/s;qx0705 的最大流速为 0.82m/s,流向东南向。上述各测站均为大潮期间观测,一天之内一次涨、落潮现象显著,规律明显。

### 3.3 秋季

qq0901~qq0904 为 2009 年 11 月上旬中潮期观测,此时三墩公路已逐步建成,2010 年 11 月上旬又在相同站位进行了周日同步连续观测。以下分析基于 2009 年实测资料。qq0901 位于钦州湾东航道与金鼓江交汇处附近,流态较为复杂,表层最大流速为 0.56m/s,底层最大流速为 0.48m/s,流向均为西北向;qq0902 位于钦州湾东航道内,流态规律明显,表层最大流速达 0.88m/s,底层最大流速为 0.68m/s,流向均为东南向;qq0903 位于三墩公路与大环村之间,表层最大流速达 0.80m/s,底层最大流速为 0.76m/s,流向均为西北偏北向;qq0904 位于钦州湾口,表层最大流速 0.54m/s,流向东南向,底层最大流速为 0.46m/s,流向西北向。

### 3.4 冬季

qd0701~qd0706 观测时间为 2007 年 1 月下旬大潮期,根据实测资料分析,实测流速最大出现在龙门水道 qd0701 站,最大流速为 1.15m/s,流向为东南向,最大涨潮流速 0.79m/s,涨、落潮平均流速分别为 0.44m/s、0.79m/s。东航道中部 qd0702 最大落潮流速为 0.75m/s,涨、落潮平均流速分别为 0.31m/s、0.51m/s。qd0703 最大落潮流速 0.62m/s,涨、落潮平均流速分别为 0.33m/s、0.51m/s。西航道南部 qd0704 最大落潮流速为 0.84m/s,最大涨潮流速 0.64m/s,涨、落潮平均流速分别为 0.41m/s、0.60m/s。中航道南部 qd0705 最大落潮流速为 0.81m/s,最大涨潮流速为 0.65m/s,涨、落潮平均流速分别为 0.40m/s、0.53m/s。东航道南部转向处 qd0706 最大落潮流速为 0.52m/s,最大涨潮流速为 0.40m/s,涨、落潮平均流速分别为 0.25m/s、0.39m/s。

### 3.5 外湾不同季节潮流特征比较分析

图 3(a)中易见,钦州湾的潮流运动形式与茅尾海基本一致,均属往复流性质,潮流流向基本顺着深槽、航道走向,落潮流速一般大于涨潮流速,但在夏季的金鼓江海域(qx0701、qx0702),观测到涨潮流速稍大于落潮流速。大潮期间,各季节涨潮历时一般大于落潮历时。从潮流季节分布看,夏、秋二季潮流强于冬季,如相邻测站 qq0902 与 qd0702 均位于东航道中部,秋季 qq0902 中潮期最大流速已达 0.88m/s,而冬季 qd0702 大潮期最大流速仅为 0.75m/s;春季与其它季节相邻站点观测资料较少,尚无法进一步比较分析。从空间分布看,位于潮汐通道、潮沟处潮流显著强于其它区域的潮流,龙门水道的潮流动力最强,对于枯水期的冬季,最大流速亦可达 1.15m/s(qd0701);其次为西、中、东航道以及金鼓江航道,对于冬季大潮期间而言,西航道最大流速 0.84m/s(qd0704)大于中航道 0.81m/s(qd0705),这两处流速明显大于东航道(qd0706)最大流速 0.52m/s,这与前人的观测分析结果一致<sup>[2,4]</sup>;此外,夏季金鼓江海域最大流速可达 0.82m/s(qx0702)。一般近岸及浅滩处潮流动力相对较弱,但对于三墩公路两侧浅滩而言,工程建设对该海域潮流影响较大:2007 年,三墩公路尚未建设,夏季大潮期鹿耳环江潮沟内(qx0703)以及东航道东侧沙脊处(qx0704)最大流速仅为 0.48m/s;2009 年底,三墩公路基本建成后,位于原浅滩处的 qq0903,秋季中潮期的最大流速可达 0.80m/s,2010 年同期大潮时的观测结果显示,该处最大流速达 0.98m/s,这表明,由于三墩公路的束窄作用,其东侧海域潮流动力显著增强。数值模拟结果也表明,三墩公路建成后,其东侧海域潮流增量相当可观。

利用表 2~表 3 的结果,结合图 3(b)可以发现,诸站余流均不大。春季,以 qc1101 为例,其表层余流 0.071m/s,流向为北向,中、底层余流分别为 0.079m/s、0.054m/s,流向与表层一致。夏季,龙门水道余流约为 0.06m/s,但存在一个奇怪的现象,qx0601 与 qx0602 相距不远,余流流向却相反;金鼓江航道内 qx0701、qx0702 余流最大也仅 0.074m/s,指向西北偏北向,这或许是导致观测期间该海域涨潮流速大于落潮流速的原因;qx0703~qx0705 多位于浅滩,余流很小,qx0703 与 qx0704 指向西北,qx0705 指向西南。秋季,三墩作业区南部开阔处 qq0904 余流达 0.114m/s,指向为西南向,这大概与秋季开始盛

表 2 钦州湾春、夏季余流分布

Table 2 Residual current distribution of Qinzhou Bay in spring and summer

余流 Residual current	春季 Spring		夏季 Summer					
	qc1101	qx0601	qx0602	qx0701	qx0702	qx0703	qx0704	qx0705
流速 Velocity ( $m \cdot s^{-1}$ )	0.071	0.059	0.065	0.043	0.074	0.047	0.024	0.034
流向 Direction ( $^{\circ}$ )	355	343	132	341	337	288	343	206

#### 4 结论

本文采用 2006~2012 年钦州湾实测潮流资料, 计算分析了茅尾海、钦州湾外湾不同季节潮流特征, 结果显示: 该海区属不规则全日潮流, 大潮期间一天之内一次涨、落现象明显; 潮流运动形式为典型往复流, 涨、落潮流向基本与潮汐通道、潮沟走向平行; 落潮流速一般大于涨潮流速, 涨潮历时大于落潮历时; 龙门水道潮流动力最为强劲, 其次为其它深槽与潮汐通道。茅尾海夏季潮汐河口主要受径流控制, 其潮流动力显著大于其它海域, 夏初余流最大可达 0.30m/s, 有利于河口区物质交换; 冬季枯水期, 河口主要受潮汐、地形影响, 动力条件弱于夏季。钦州湾外湾夏、秋二季一般潮流动力大于冬季节; 冬季, 对于纬度相近测站, 西水道处流速大于中水道, 东水道流速相对最小; 由于三墩公路的建设, 改变了东、西两侧的原始潮流系统, 东侧潮滩流速显著增强。钦州湾围填海建设对潮流动力系统的的影响仍需大量观测资料的支持。

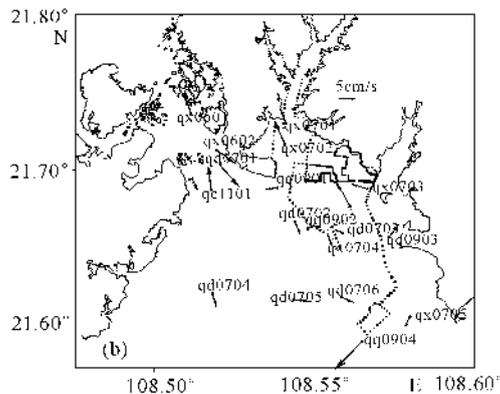
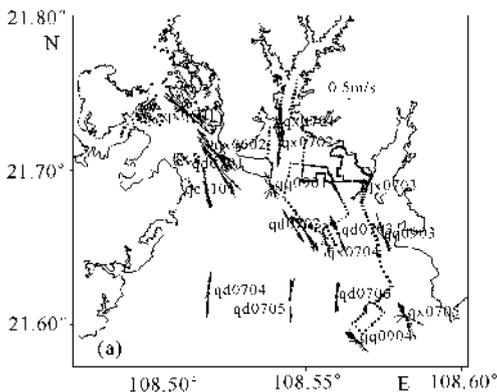


图 3 钦州湾不同季节潮流矢量(a)及余流分布(b)

Fig. 3 Current vector (a) and residual current (b) of Qinzhou Bay in different season

行东北风有关; 其余各站余流均很小, 不超过 0.05m/s。冬季, 龙门水道处 qd0701 余流最大, 为 0.084m/s, 指向东南偏南向, 其余诸站均小于 0.05m/s。总体而言, 钦州湾余流不大, 结合 md1004 与 md1005 测站资料分析, 龙门水道处余流最大, 其次为各航道、潮沟, 近岸及浅滩处余流最小, 余流流向因季节、天气、地形等因素影响而不尽相同。

表 3 钦州湾秋季和冬季余流分布

Table 3 Residual current distribution of Qinzhou Bay in autumn and winter

余流 Residual current	秋季 Autumn				冬季 Winter					
	qq0901	qq0902	qq0903	qq0904	qd0701	qd0702	qd0703	qd0704	qd0705	qd0706
流速 Velocity( $m \cdot s^{-1}$ )	0.025	0.019	0.042	0.114	0.084	0.034	0.025	0.037	0.039	0.031
流向 Direction( $^{\circ}$ )	261	72	51	223	140	158	293	161	98	120

#### 参考文献:

[1] 陈波, 侍茂崇, 邱绍芳. 广西主要港湾余流特征及其对物质运输的影响[J]. 海洋湖沼通报, 2003, 1: 13-20.  
Chen B, Shi M C, Qiu S F. Characteristics of residual currents and their influence on the material transportation in five main bays of Guangxi coast[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2003, 1: 13-20.

[2] 邱绍芳, 侍茂崇, 陈波. 钦州湾潮流特征分析[J]. 海洋通报, 2003, 22(3): 9-14.

Qiu S F, Shi M C, Chen B. Analysis of tidal current characteristics in Qinzhou Bay[J]. Marine Science Bulletin, 2003, 22(3): 9-14.

[3] 鲍献文, 陈波, 侍茂崇, 等. 钦州湾三维潮流数值模拟[J]. 广西科学, 2004, 11(4): 375-378, 384.  
Bao X W, Chen B, Shi M C, et al. The numerical simulation of the three dimensional tide of Qinzhou Bay[J]. Guangxi Sciences, 2004, 11(4): 375-378, 384.

[4] 孙洪亮, 黄卫民. 广西近海潮汐和海流的观测分析与数值研究-I. 观测与分析[J]. 黄渤海海洋, 2001, 19(4): 1-

- 11.
- Sun H L, Huang W M. Observation, analysis and numerical study of the tide and current in the Guangxi off shore area- I. Observation and analysis[J]. Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas, 2001, 19 (4): 1-11.
- [5] 宋德海, 鲍献文, 朱学明. 基于 FVCOM 的钦州湾三维潮流数值模拟[J]. 热带海洋学报, 2009, 28(2): 7-14.
- Song D H, Bao X W, Zhu X M. Three dimensional numerical simulation of tidal current in Qinzhou Bay[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2009, 28(2): 7-14.
- [6] 蒋磊明, 陈波, 邱绍芳, 等. 钦州湾潮流模拟及其纳潮量和水交换周期计算[J]. 广西科学, 2009, 16(2): 193-195, 199.
- Jiang L M, Chen B, Qiu S F, et al. Calculation of tidal prism and water exchange period and simulation of current in Qinzhou Bay[J]. Guangxi Sciences, 2009, 16(2): 193-195, 199.
- [7] 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.
- Fang G H, Zheng W Z, Chen Z Y, et al. Analysis and forecasting of tide and current[M]. Beijing: China Ocean Press, 1986.
- [8] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志第十二分册(广西海湾)[M]. 北京: 海洋出版社, 1998.
- Editorial Committee of Chinese Bay Record. The Twelfth volume of Chinese Bay record (Guangxi Bay)[M]. Beijing: China Ocean Press, 1998.
- [9] 中国海洋大学. 钦州港大榄坪至三墩公路北段一期工程海洋环境影响报告书[R]. 青岛: 青岛海洋大学, 2008.
- Ocean University of China. Marine environmental impact report of the first phase of Dalanping to Sandun road northern section project in Qinzhou Port[R]. Qingdao: Ocean University of China, 2008.
- [10] 国家海洋局第一海洋研究所. 广西钦州市汇海粮油加工项目数值模拟与综合评价报告[R]. 青岛: 国家海洋局第一海洋研究所, 2011.
- The First Institute of Oceanography, SOA. Numerical simulation and comprehensive evaluation report of grain and oil processing project of Huihai, Qinzhou, Guangxi[R]. Qingdao: The First Institute of Oceanography, SOA, 2011.
- [11] 南京水利科学研究院. 防城港企沙东港区总体规划二维潮流数学模型试验及泥沙回淤计算[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2012.
- Nanjing Hydraulic Research Institute. Two dimensional current mathematical model test and siltation calculation of the master plan of east Qisha Port in Fangchenggang[R]. Nanjing: Nanjing Hydraulic Research Institute, 2012.

(责任编辑: 尹 闯)