

## 岸线变化对钦州湾污染物输移扩散的影响\*

# Impact of Shoreline Changes on the Pollutant Transport and Dispersion in Qinzhou Bay

牙韩争,董德信,朱冬琳,陈波

YA Hanzheng, DONG Dexin, ZHU Donglin, 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】分析岸线变化对钦州湾污染物输移扩散的影响,为钦州湾岸线开发、海洋环境保护提供科学依据。【方法】在2004—2012年岸线变化的基础上,利用MIKE21数学模型对钦州湾COD扩散进行模拟。【结果】低潮位时COD扩散面积大于高潮位时,小潮期间COD扩散面积大于大潮期间;岸线变化对钦州湾污染物输移扩散有一定影响,岸线变化后,金鼓江口COD扩散面积比岸线变化前稍大,三墩公路与犀牛脚之间COD浓度增量大于2 mg/L的区域明显大于岸线变化前。【结论】合理开发利用岸线,对改善钦州湾污染物输运扩散,保护海洋环境具有十分重要的意义。

**关键词:**钦州湾 岸线变化 污染物输移扩散

**中图分类号:**X131.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2018)01-0051-06

**Abstract:**【Objective】To analyze the effect of shoreline changes on pollutant transport and dispersion can provide scientific basis for exploitation of coastline and marine environmental protection in Qinzhou Bay. 【Methods】Based on the change of shoreline from 2004 to 2012, the MIKE21 mathematical model was used to simulate the COD dispersion in Qinzhou Bay. 【Results】The COD dispersion area in low tide was greater than that in high tide, and in neap tide the COD dispersion area is larger than that in spring tide. The change of shoreline had a certain impact on the pollutant transport and dispersion in Qinzhou Bay, the dispersion area of COD in Jinguliang estuary was slightly larger than that before the change of shoreline, and the area where COD concentration increased more than 2 mg/L between Sandun road and Xiniujiang was significantly greater than that before the change of shoreline. 【Conclusion】Rational exploitation and utilization of shoreline is of great significance to improve the transport and dispersion of pollutants in Qinzhou Bay and protect the marine environment.

**Key words:** Qinzhou Bay, shoreline change, pollutant transport and dispersion

收稿日期:2017-05-28

修回日期:2017-09-22

作者简介:牙韩争(1988—),男,硕士,主要从事河口海岸污染物扩散研究,E-mail:yahanzheng@163.com。

\*国家自然科学基金项目(41576024),广西重点研发计划项目(AB16380282),广西科学院基本科研业务费项目(2017YJJ23012)和广西近海海洋环境科学重点实验室开放基金项目(GXKLHY14-01)资助。

## 0 引言

【研究意义】钦州湾位于广西北部湾沿岸中部,地理位置在20°33'20"~21°54'30"N,108°28'20"~108°45'30"E之间,由茅尾海和钦州湾外湾以及连接两湾的潮汐通道构成,中间狭窄,两端宽阔,有钦江、

茅岭江等河流注入,南部与北部湾相通,是一个半封闭的天然海湾。近年来,钦州湾沿海城镇建设以及经济迅速发展,岸线利用率大幅度提高,岸线变化剧烈,使原有的潮流及污染物扩散特征有所变化。同时,大量的生活污水和工业废水排入钦州湾海域,使得大量污染物在近岸累积,钦州湾海域污染越来越严重。研究钦州湾岸线变化与污染物的输移扩散规律,对钦州湾海洋环境保护具有十分重要的意义。【前人研究进展】国内外学者对钦州湾污染物扩散做了大量的研究工作。董德信等<sup>[1]</sup>通过数值模拟的方法,对钦州湾围填海前后地形改变、泥沙冲淤等问题进行研究。阎新兴等<sup>[2]</sup>结合钦州湾水动力条件、泥沙来源及运移趋势,分析东航道开发泥沙条件及其淤积情况。高劲松等<sup>[3]</sup>利用 ECOMSED 模型构建钦州湾三维潮流与污染物运输模型,对钦州湾潮流及污染物输运特征进行研究。董德信等<sup>[4]</sup>采用平面二维潮流数学模型,分析钦州湾填海工程建设前后水动力变化状况。牙韩争等<sup>[5]</sup>建立钦州湾溢油输运扩散模型,对钦州湾海上溢油扩散特征进行研究分析。陈波等<sup>[6]</sup>根据广西主要港湾余流特征及其对污染物扩散的影响,研究分析钦州湾污染物扩散特征。【本研究切入点】以往对钦州湾污染物扩散规律的研究中,大多是针对特定时间、空间下的研究,缺乏对其变化特征的了解。岸线变化是影响污染物输移扩散的一大因素,但其相关变化规律之间的研究目前相对缺乏。【拟解决的关键问题】结合 2004 年至 2012 年间岸线卫星影像资料,采用数值计算的方法对不同岸线条件下钦州湾污染物输运扩散进行计算,分析岸线变化造成钦州湾污染物扩散的影响,为钦州湾岸线开发、海洋环境保护提供科学依据。

## 1 岸线变化概况及模型的建立

### 1.1 钦州湾岸线变化概况

根据钦州湾卫星影像资料,钦州湾岸线的变化一方面是岸线形态的变化,另一方面是占用了海域面积引起的变化。2004—2012 年,钦州湾岸线变化比较明显的主要为果子山至石角一带。金鼓江口附近工程建设填海占用岸线,陆域向金鼓江内推进比较明显,使得金鼓江口向外延伸,同时变得狭窄。金鼓村至石角一带海域填海程度较大,形成的陆域占用了大片海域,岸线大幅度向钦州湾方向推进。三墩公路建成后,形成非透水结构向钦州湾延伸,对海域分割现象明显。钦州湾岸线变化前后对比如图 1 所示。

### 1.2 潮流数值模型的建立

潮流是影响河口、海湾污染物扩散的主要因素。

污染物扩散数值模拟中,通常也是以潮流水动力计算结果作为背景场,驱动控制污染物扩散的输移扩散方程对污染物扩散进行计算。宋德海等<sup>[7]</sup>、张坤等<sup>[8]</sup>采用数值模拟的手段,对钦州湾水动力特征进行计算,计算结果较好地反应了钦州湾潮流水动力变化过程。蒋磊明等<sup>[9]</sup>结合数值模拟和实测水文资料,对钦州湾潮流特征进行计算,结果表明,数值模拟的方法可较好地反映钦州湾水动力特征。

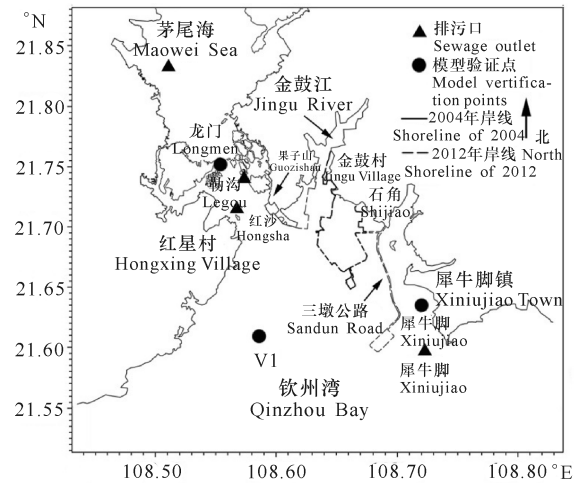


图 1 2004—2012 年间钦州湾岸线变化情况

Fig. 1 Change of coastline of Qinzhou Bay during 2004 and 2012

本研究采用 MIKE21 HD 水动力模型对钦州湾潮流进行数值模拟,由于具有良好的便捷性、准确性、高效性等特点,该模型在潮流数值模拟上得到广泛应用,模型包括一个连续方程及两个动量方程<sup>[10]</sup>。

连续方程:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial h}{\partial t}, \quad (1)$$

X 方向动量方程:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p^2}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{pq}{H} \right) + gH \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 H^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[ \frac{\partial}{\partial x} (H\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (H\tau_{xy}) \right] - \Omega q - fV V_x = 0, \quad (2)$$

Y 方向动量方程:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{q^2}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{pq}{H} \right) + gH \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gq \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 H^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[ \frac{\partial}{\partial y} (H\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (H\tau_{xy}) \right] - \Omega q - fV V_y = 0, \quad (3)$$

式中:  $\zeta$  为水位;  $h$  为水深;  $H = h + \zeta$ ;  $p$ 、 $q$  分别为潮流在  $x$ 、 $y$  方向的单宽流量;  $C$  为谢才系数,与曼宁系数的关系为  $C = n^{-1}/h^{1/6}$ ;  $g$  为重力加速度,  $f$  为风摩擦系数;  $V$ 、 $V_x$ 、 $V_y$  分别为风速及其在  $x$ 、 $y$  方向的分

量;  $\Omega$  为科氏力系数;  $\rho_w$  为水的密度;  $x, y$  分别为  $x, y$  方向的距离;  $t$  为时间;  $u, v$  分别为潮流在  $x, y$  方向的速度分量;  $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$  分别为剪切应力在各方向的分量。

风摩擦系数  $f$  可用如下经验公式进行计算<sup>[11]</sup>:

$$f = \begin{cases} f_0 & W < W_0, \\ f_0 + \frac{W - W_0}{W_1 - W_0}(f_1 - f_0) & W_0 \leq W \leq W_1, \\ f_1 & W_1 < W, \end{cases} \quad (4)$$

其中:

$$\begin{aligned} f_0 &= 0.000\ 63, W_0 = 0\ \text{m/s}, \\ f_1 &= 0.002\ 6, W_1 = 30\ \text{m/s}, \end{aligned} \quad (5)$$

剪切应力  $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$ , 第 1 下标表示应力所在的面, 第 2 下标表示应力的方向, 分别与 3 个方向上的速度梯度及动力粘滞系数  $\mu$  有关,  $\mu = \rho\nu$  为运动粘滞系数,  $\nu$  为水体密度。

### 1.3 污染物输移扩散模型的建立

污染物输移扩散预测目前主要通过数值模拟的方法实现, 建立污染物输移扩散模型对污染物扩散进行预测。污染物输移扩散模型在考虑潮流物理、化学、生物多种因素共同作用的基础上对污染物扩散进行计算。刘浩等<sup>[12]</sup>采用平面二维扩散模型对污染物扩散进行预测, 预测结果与实测值吻合良好。陈瑶泓伶等<sup>[13]</sup>利用 MIKE21 系列模型对天津湾污染物输移扩散进行数值模拟, 模拟结果较好地反应了污染物在天津湾的扩散情况。本研究结合 MIKE21 TS 污染物输移扩散模块, 建立钦州湾污染物输移扩散模型, 对污染物扩散进行预测, 其模型控制方程如下:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(hc) + \frac{\partial}{\partial x}(uhc) + \frac{\partial}{\partial y}(vhc) &= \frac{\partial}{\partial x}(hD_x \frac{\partial c}{\partial x}) + \\ \frac{\partial}{\partial y}(hD_y \frac{\partial c}{\partial y}) - Fhc + S, \end{aligned} \quad (6)$$

式中:  $c$  为污染物浓度;  $D_x, D_y$  分别为污染物在  $x, y$  方向的扩散系数;  $F$  为衰减系数;  $S$  为污染源项, 其值由污染物实际排放量确定;  $u, v$  由水动力模型提供。

衰减系数  $F$  视所模拟的污染物衰减特性而定, 通常认为污染物降解符合一级动力学反应规律, 即:

$$c = c_0 \exp(-Ft), \quad (7)$$

式中:  $c$  为  $t$  时刻的污染物浓度;  $c_0$  为污染物的初始浓度;  $t$  为反应时间。

## 2 潮流数值模拟

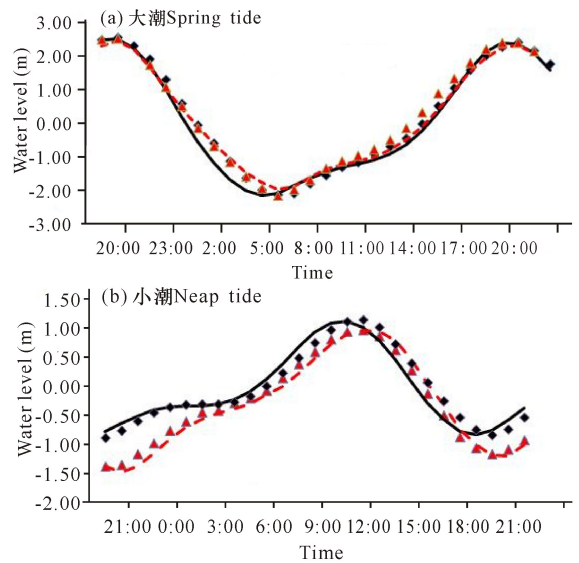
### 2.1 模型设置

根据岸线变化情况, 对不同岸线条件下计算区域

进行网格划分。模型计算范围西边界取至企沙镇, 东边界取至中三墩, 南边界取至钦州湾外湾, 北边界取至整个茅尾海, 东西方向长约 38 km, 南北方向长约 47 km。模型采用适应性较好的不规则结构网格对区域进行划分, 并就复杂地形和岸线进行局部加密, 以保证计算精度。岸线变化前(2004 年)模型网格共 13 497 个节点、25 770 个单元。岸线变化后(2012 年)模型网格共 17 478 个节点、33 109 个单元。外海开边界采用 MIKE21 全球潮汐模型提供的潮汐调和常数计算的水位边界进行驱动, 输入其水位-时间序列。茅尾海北部河流输入, 钦江流量取多年平均径流量  $37\ \text{m}^3/\text{s}$ , 茅岭江多年平均径流量  $51\ \text{m}^3/\text{s}$ <sup>[4]</sup>。风资料采用刘洋等<sup>[14]</sup>提供的风资料数据。

### 2.2 模型验证

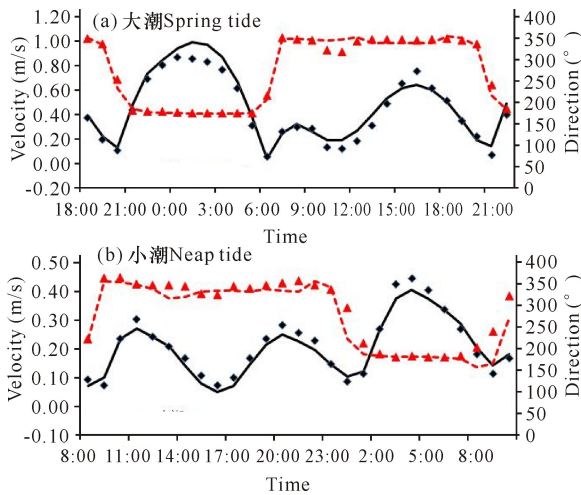
根据所建模型对海域水动力特征进行数值模拟, 为验证模型计算结果的可靠性, 采用 2012 年 5 月 29-30 日(小潮)及 2012 年 6 月 6-7 日(大潮)实测水文资料对计算结果进行验证, 包括两个潮位验证点及一个潮流验证点, 各水文要素验证点点位如图 1 所示, 其中, 犀牛脚、龙门为潮位验证点, V1 为潮流验证点, 各水文要素验证点验证结果如图 2~3 所示。



◆犀牛脚(实测); —犀牛脚(计算); ▲龙门(实测); ——龙门(计算)  
◆Xiniujiangiao (observed value); —Xiniujiangiao (calculated value); ▲Longmen (observed value); —— Longmen (calculated value)

图 2 潮位验证图

Fig. 2 Verification of tidal level



◆流速(实测);—流速(计算);▲流向(实测);—流向(计算)  
 ◆Current velocity (observed value);—Current velocity (calculated value);▲Current direction (observed value);  
 —Current direction (calculated value)

图3 潮流验证图

Fig. 3 Verification of current

由图2~3可知,各水文要素验证点计算值与实测值相差不大。龙门及犀牛脚两站潮位过程与实际监测结果几乎一致,最大误差均不超过0.1 m。潮流计算值高潮位变化过程稍有偏差,个别时段流速计算值比实测值略小,但流速和流向的变化过程与实测值基本吻合。模型误差一方面是由于缺乏近岸地区高精度岸线、水深数据,另一方面是由于模型概化不可避免的误差所引起。总体上,模型计算值与实测值吻合良好,各位相、量值及过程线与实际情况基本一致,可见,计算结果可以反映海域实际的水动力过程,将本次水动力计算结果应用于污染物扩散的计算是可行的。

### 3 污染物输移扩散研究

#### 3.1 污染物选择

海洋水体污染物成分比较复杂,其中主要为有机污染物,通常采用化学需氧量(COD)和生物化学需氧量(BOD)来表示水体有机物污染程度。海洋水质监测中,一般以COD表征海水中有有机物污染物的含量,本研究选用COD作为典型污染物进行数值模拟。

#### 3.2 排污口的确定

钦州市入海污水排放口共12个,其中,污染物排放量较大的排污口有勒沟、犀牛脚、红沙和茅尾海排污口,本次计算即主要考虑排放量较大的4个点源污染物输入,其位置示意图见图1。据统计调查资料,4个人海排污口的COD入海量见表1。

表1 主要排污口COD入海量

Table 1 COD discharge of main sewage outlets

排污口 Sewage outlets	废水量(万吨/年) Waste water quantity ( $\times 10^4$ t/year)	COD排放量(吨/年) COD discharge amount(t/year)
茅尾海 Maowei Sea	16 618.6	12 847.69
红沙 Hongsha	16 618.6	12 847.69
勒沟 Legou	17 285.13	14 045.67
犀牛脚 Xiniujiang	49 855.81	18 583.93

#### 3.3 研究方法

在钦州湾岸线变化前后潮流数值模拟的基础上,考虑钦州湾内4个典型排污口污染物的输入,并假设COD初始浓度为零,其他相同的情况下,模拟岸线变化前后大、小潮期间COD的输移扩散情况。

#### 3.4 数值模拟结果与分析

图4为岸线变化前后钦州湾主要入海排污口大小潮及高低潮时COD扩散情况。对比图中高低潮时COD扩散情况可以看出,无论是岸线变化前还是变化后,高潮、低潮时COD扩散均有一定差别。低潮时COD扩散面积大于高潮时扩散面积,且在大潮期间表现得尤为明显。涨潮期间,海水从外海向近岸运动,COD受海水内挤作用向茅尾海、金鼓江、犀牛脚方向移动,扩散面积逐渐减小,并在高潮时达到最小值。落潮期间,潮流向钦州湾外湾方向移动,污染物受潮流的外拉,扩散面积逐渐增大,并在低潮时达到最大值。

对比图4中大小潮期间COD的扩散情况可以看出,大小潮期间COD扩散特征有一定的差别。相同条件下,小潮期间COD扩散面积大于大潮期间,其原因在于小潮期间水动力较弱,COD稀释扩散效果较差,因而其浓度下降较慢,扩散面积也相对比较大。大潮期间,潮流涨落潮现象区别明显,高低潮时刻扩散有明显的区别,受外海海水的强烈稀释,COD在高潮位时形成一个明显的低浓度“水舌”;小潮期间,由于潮流作用不是很明显,高低潮时COD扩散范围相差不大。

对比图4中不同岸线条件下COD的扩散情况可以看出,岸线变化对钦州湾COD扩散有一定的影响,尤其是金鼓江口、三墩公路附近岸线变化较大的海域。大潮高潮位时,岸线变化后金鼓江口COD扩散面积相比于岸线变化前小,这与填海工程造成岸线向海移动,海域水域面积变小有关;岸线变化前,三墩公路与犀牛脚之间海域COD浓度增量大于2 mg/L的区域几乎不存在,岸线变化后,三墩公路与犀牛脚

之间有大面积 COD 浓度增量大于 2 mg/L 的区域,这与三墩公路建设造成海域分割,使得犀牛脚附近海域水动力减弱, COD 扩散能力下降以及汇集有关。大潮低潮位时,岸线变化后金鼓江口 COD 浓度增量大于 2 mg/L 的范围上溯至金鼓江口上游方向较岸

线变化前远,且三墩公路与犀牛脚之间海域 COD 浓度增量大于 2 mg/L 的范围明显比岸线变化前大。小潮期间亦是如此,岸线变化后 COD 扩散范围均大于岸线变化前,这与岸线变化后海域水动力变弱,致使污染物输移扩散能力下降有关。

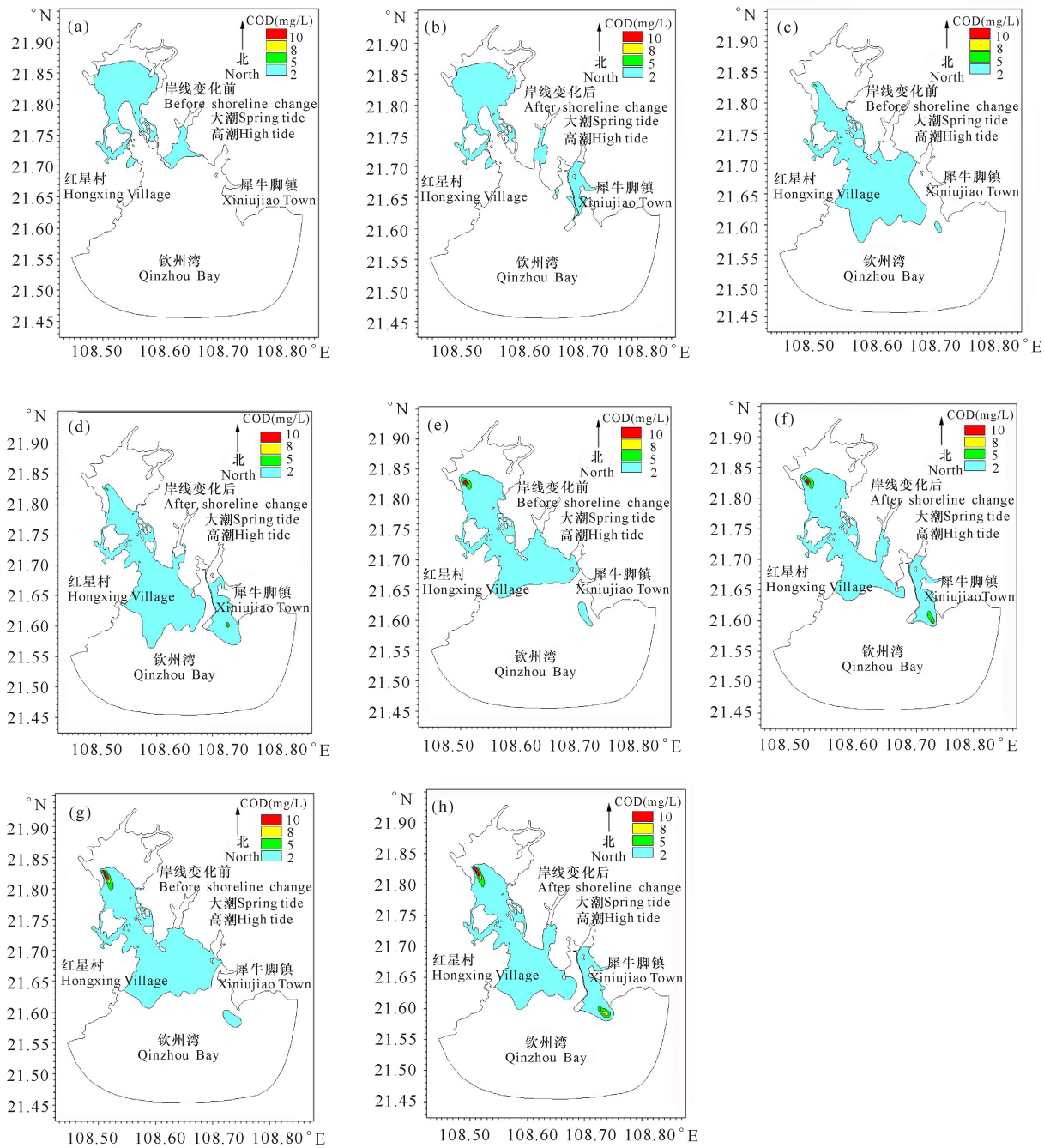


图 4 岸线变化前后 COD 扩散特征

Fig. 4 The dispersion characteristics of COD before and after shoreline change

## 4 结论

利用 MIKE21 数学模型,在钦州湾水动力模拟的基础上,对岸线变化前后 COD 扩散进行模拟,分析岸线变化对钦州湾污染物扩散的影响,得到以下

## 结论:

低潮位时, COD 扩散面积大于高潮位时。涨潮期间,受涨潮流的内挤, COD 扩散面积逐渐减小,在高潮位时达到最小值;落潮期间,受落潮流的拉伸, COD 扩散面积逐渐增大,并在低潮位时达到最大值。

小潮时期,钦州湾 COD 稀释扩散能力较弱,无论是高潮位还是低潮位,相同 COD 浓度增量所包络的范围均大于大潮时期。

岸线变化对钦州湾 COD 扩散有一定的影响。岸线变化后,金鼓江口 COD 浓度增量大于 2 mg/L 的范围比岸线变化前稍大,且上朔至金鼓江上游方向的距离更远,三墩公路与犀牛脚之间海域 COD 浓度增量大于 2 mg/L 的范围明显比岸线变化前增大。

#### 参考文献:

[1] 董德信,李谊纯,陈宪云,等. 海洋工程对钦州湾岸线地形及泥沙冲淤的影响[J]. 广西科学,2015,22(3):266-273.  
DONG D X, LI Y C, CHEN X Y, et al. Impacts of ocean engineering on shoreline topography and deposition-erosion environment in Qinzhou Gulf[J]. Guangxi Sciences, 2015, 22(3): 266-273.

[2] 阎新兴,刘国亭. 钦州湾近海区沉积特征及航道淤积研究[J]. 水道港口,2006,27(2):79-83.  
YAN X X, LIU G T. Study on deposition characteristics and channel siltation in offshore zone of Qinzhou Bay [J]. Journal of Waterway and Harbor, 2006, 27(2): 79-83.

[3] 高劲松,陈波,陆海生,等. 钦州湾潮流场及污染物输运特征的数值研究[J]. 广西科学,2014(4):345-350.  
GAO J S, CHEN B, LU H S, et al. Numerical study on the characteristics of tidal current field and pollutant transport in Qinzhou Bay [J]. Guangxi Sciences, 2014 (4): 345-350.

[4] 董德信,李谊纯,陈宪云,等. 大规模填海工程对钦州湾水动力环境的影响[J]. 广西科学,2014(4):357-364.  
DONG D X, LI Y C, CHEN X Y, et al. Impacts of hydrodynamic environment caused by large-scale reclamation in Qinzhou Bay [J]. Guangxi Sciences, 2014(4): 357-364.

[5] 牙韩争,李谊纯,董德信. 钦州湾海上溢油扩散数值模拟 [J] 广西科学,2016,23(2):156-162.  
YA H Z, LI Y C, DONG D X. Numerical simulation of oil spill in the Qinzhou Bay [J]. Guangxi Sciences, 2016, 23(2): 156-162.

[6] 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):13-21.  
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): 13-21.

[7] 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.

[8] 张坤,娄安刚,孟云,等. 钦州湾海域纳潮量和水交换能力的数值模拟研究[J]. 海洋环境科学,2014,33(4):585-591.  
ZHANG K, LOU A G, MENG Y, et al. Numerical study on the tidal prism and water exchange ability of Qinzhou Bay [J]. Marine Environmental Science, 2014, 33(4): 585-591.

[9] 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.  
JIANG L M, CHEN B, QIU S F, et al. Calculation of tidal prism and water exchange period and simulation of current about Qinzhou Bay [J]. Guangxi Sciences, 2009, 16(2): 193-195.

[10] 许婷. 丹麦 MIKE21 模型概述及应用实例[J]. 水利科技与经济,2010,16(8):867-869.  
XU T. Calculation principle and application example of a two-dimensional flow model-MIKE21 HD [J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2010, 16(8): 867-869.

[11] 徐明德. 黄海南部近岸海域水动力特性及污染物输移扩散规律研究[D]. 上海:同济大学,2006.  
XU M D. Study on hydrodynamic, pollutant transport and dispersion processes in the South Yellow Sea [D]. Shanghai: Tongji University, 2006.

[12] 刘浩,吴青松,骆智斌,等. 福清湾潮流场及污染物输运特性的模型研究[J]. 厦门大学学报:自然科学版,2009,48(1):139-143.  
LIU H, WU Q S, LUO Z B, et al. Model study on the tidal regime and pollutant transport in the Fuqing Bay [J]. Journal of Xiamen University: Natural Science, 2009, 48(1): 139-143.

[13] 陈瑶泓伶,戴明新,彭士涛,等. 岸线变化对天津近岸海域污染物输移扩散影响研究[J]. 水道港口,2011,32(2):135-139.  
CHEN Y H L, DAI M X, PENG S T, et al. Study on impact of shoreline changes on pollutant transport and dispersion in Tianjin coastal waters [J]. Journal of Waterway and Harbor, 2011, 32(2): 135-139.

[14] 刘洋,孙永福,杨宗严,等. 钦州湾港口功能区布局对海洋动力环境的影响[J]. 海洋环境科学,2013,32(3):360-363.  
LIU Y, SUN Y F, YANG Z Y, et al. Impact of port functional division layout of Qinzhou Bay on marine dynamic environment [J]. Marine Environmental Science, 2013, 32(3): 360-363.

(责任编辑:米慧芝)