



# 锦州龙栖湾港区规划水体交换数学模型

李 珊<sup>1</sup>, 章少兰<sup>2</sup>, 张先波<sup>1</sup>, 韩 涛<sup>1</sup>

(1. 中交天津港湾工程研究院有限公司, 中国交建海岸工程水动力重点实验室, 天津 300222;

2. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

**摘要:** 根据实测水文资料建立锦州龙栖湾港区工程附近海域的潮流数学模型, 对不同规划方案实施后的水质点运动及水交换情况进行研究。研究成果表明, 不同方案对港区东侧水质点运动影响不明显, 从水质点运动来看以上方案均未表现出明显改善水体交换的效果, 特别是离岸方案可能还会加大对近岸位置的污染, 潮汐通道的设置对港区及附近水体交换的效果也不明显。综合考虑, 原规划方案更适合目前的规划要求。

**关键词:** 龙栖湾港区; 潮流数学模型; 水质点运动; 水体交换

中图分类号: O 653; TP 72

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)02-0020-05

## Water exchange numerical model of Jinzhou Longqiwan port

LI Shan<sup>1</sup>, ZHANG Shao-lan<sup>2</sup>, ZHANG Xian-bo<sup>1</sup>, HAN Tao<sup>1</sup>

(1. CCCC Tianjin Port Engineering Institute, Key Laboratory of Coastal Engineering Hydrodynamics, Tianjin 300222, China;

2. CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

**Abstract:** The tidal numerical model of Longqiwan port is established based on the measured hydrologic data, and the research on water particle motion and exchange is carried out for different planning schemes. Research shows that water particle motion change at Longqiwan port's east side is not obvious in different planning schemes. From water particle motion effect perspective, it is not significant effect to improve water exchange from different planning schemes, especially it will increase the pollution of coastal location in offshore schemes. Tidal inlet does not play significantly role in improving the water exchange for the harbor. Overall, the original plan is more suitable for the current planning requirements.

**Keywords:** Longqiwan port; tidal numerical model; water particle motion; water exchange

锦州龙栖湾港区位于渤海辽东湾顶、锦州湾东侧, 港区地理位置见图1, 其规划阶段进行了波浪、潮流泥沙的数学模型试验研究<sup>[1]</sup>, 但考虑到港区的建设可能会对工程附近水域的水体交换产生影响, 因此在已有规划方案的基础上提出了离岸式等方案。

本文通过潮流、水体交换等数学模型研究对不同方案进行比较, 分析港区各工程方案实施后的流场变化, 在工程附近海域内布置水体运动追踪观测点, 对水质点的运动进行计算并对不同方案情况下污染物的扩散进行分析, 为港区总平面设计提供依据。

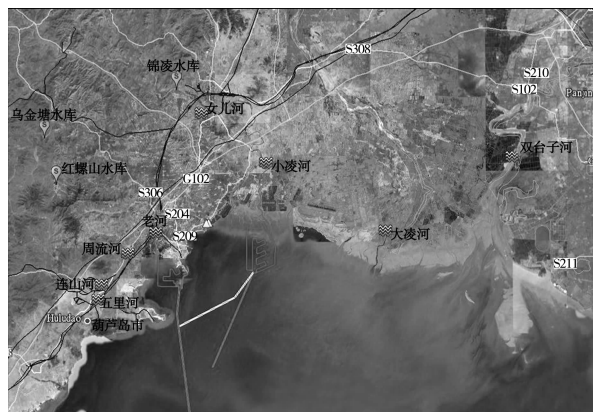


图1 锦州龙栖湾港区地理位置

收稿日期: 2015-07-08

作者简介: 李珊 (1983—), 女, 工程师, 从事海岸水动力研究工作。

### 1 研究区域自然条件

#### 1.1 潮汐

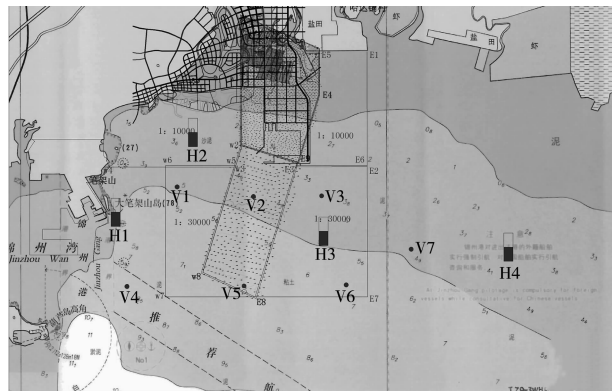
2009 年 11 月对工程海域进行水文测量, 水文测点位置见图 2。测量海域潮汐属非正规半日潮性质, 因受地形影响, 日潮不等现象即高、低潮不等较为明显, 每个潮汐日 (大约 24.8 h) 有 2 次高潮和 2 次低潮, 平均潮差为 2.32 m, 最大潮差为 4.43 m, 平均高、低潮位分别为 3.13、0.82 m<sup>[2]</sup>。

#### 1.2 潮流

海域潮流属规则半日潮流性质, 工程附近施测海区潮流为明显的往复流, 落潮实测平均流向与涨潮实测平均流向反向的差值一般不足 15°; 涨潮为 NE 向, 落潮为 SW 向, 涨、落潮水流方向与近岸水域基本相同。

#### 1.3 波浪

根据工程附近葫芦岛海洋站 1963—2009 年波浪资料, 工程附近常波向和强波向均为 SSW 向, 平均周期小于 4.0 s 的波浪出现频率高达 90%。根据 1991—1995 年每年 4—11 月 (冬季因冰冻停测) 实测波浪资料统计, 强浪向为 SSW, 实测最大波高 2.6 m<sup>[3]</sup>。



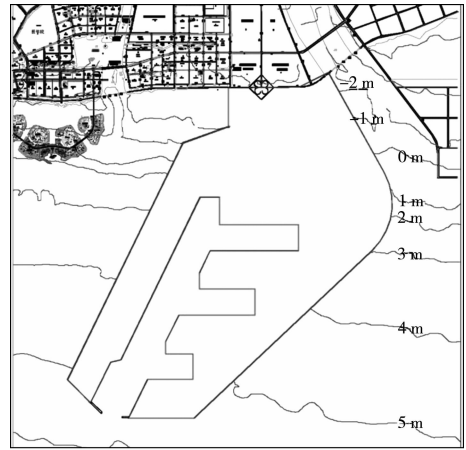
注: H1 ~ H4 为潮位测站, V1 ~ V7 为流速测站。

图 2 工程海域水文测站位置

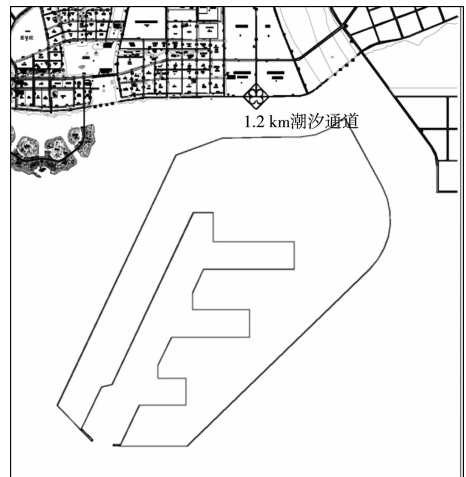
### 2 工程方案

各规划方案见图 3, 原方案港池底高程为 -14.0 m, 航道宽度 210 m, 航道设计底高程 -12.0 m, 航道开挖至自然水深 12.0 m 处。另外有

离岸 1.2 km 平面布置方案、港区中部港池西侧留出单侧潮汐通道的方案、港区中部港池两侧均留出潮汐通道的方案。



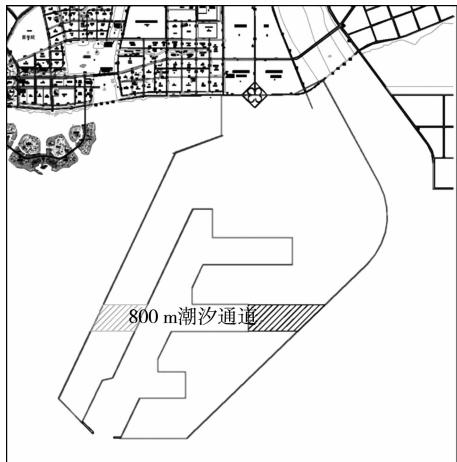
a) 原规划方案



b) 离岸 1.2 km 方案



c) 单通道方案



d) 双通道方案

图3 龙栖湾规划方案布置

### 3 数学模型建立及验证

#### 3.1 计算理论

工程区域潮流计算采用 Mike21 软件的三角形网格水力模块 (HD 模块), 其水流运动控制方程是二维浅水方程。采用三重嵌套模型模拟潮流场, 整个渤海模型作为大模型, 辽东湾作为中模型, 在龙栖湾港区附近海域进行局部加密作为小模型来模拟潮流场<sup>[4]</sup>。模型网格采用三角形网格 (图 4), 小模型计算水域面积约为 1 500 km<sup>2</sup>, 小模型的最小网格边长为 15 m。

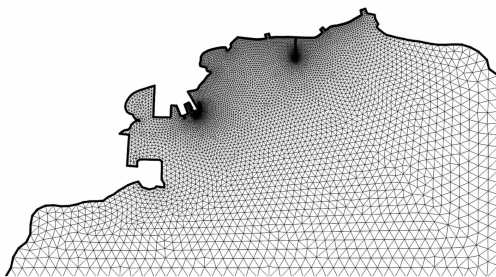
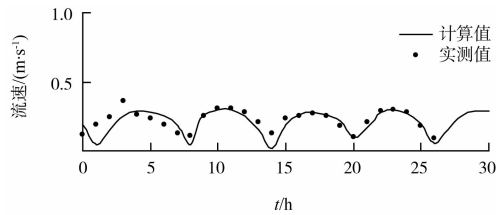


图4 工程区域附近模型计算网格

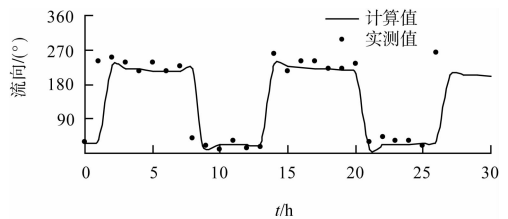
#### 3.2 模型验证

模型的开边界水位由中国近海潮汐软件 Chinatide 提供, 模型验证依据 2009 年 11 月港区海域附近大、小潮的水文观测数据进行 (测点位置见图 2), 大潮部分测站流速流向验证结果见图 5, 其它验证成果可见文献 [2]。从验证计算结果可以看出, 数模计算结果与实测结果有较好的吻合

性, 符合 JTS/T 231-2—2010 《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》相关规定, 因此该模型可用于分析工程前后的海域流场变化规律。



a) V1 流速



b) V1 流向

图5 大潮流速流向验证

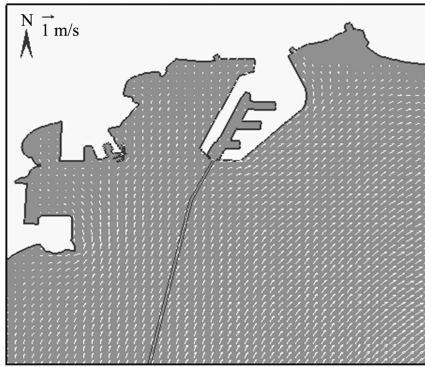
### 4 模型计算结果

#### 4.1 不同方案流场变化

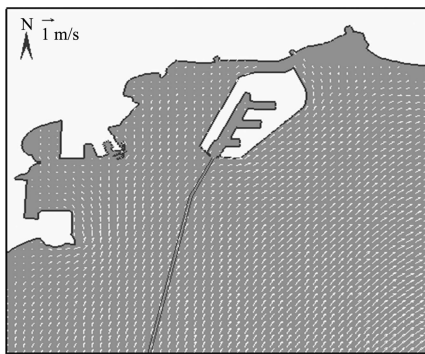
原规划方案涨潮流 (图 6a)) 在港口南侧分为两部分向两侧流动, 一部分绕过港区向东北方向继续流动, 另一部分流向港区西侧浅滩, 仅有小部分潮流进入港内。对于离岸 1.2 km 潮汐通道方案 (图 6b)), 潮汐通道内中部偏东位置附近出现汇潮点, 汇潮点附近流速较小, 涨急时两侧水流在潮汐通道中部偏东位置附近汇合, 落急时落潮流一部分沿潮汐通道向西流动, 一部分流出潮汐通道并沿港区东侧流动。

单通道方案中 (图 6c)) 潮流在港区口门与潮汐通道之间流动, 涨潮期间潮流从口门流入、从潮汐通道流出, 落潮则相反; 双通道方案中 (图 6d)), 涨潮期间潮流由潮汐通道左侧向右侧运动, 落潮期间潮流流向相反。

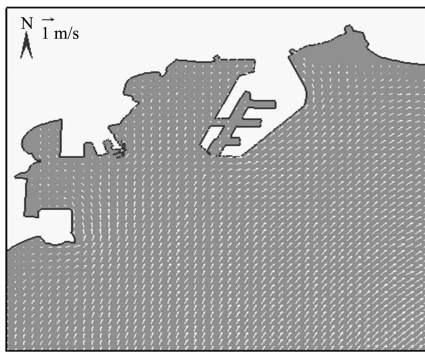
与规划方案相比, 离岸 1.2 km 方案仅在离岸的潮汐通道内流场出现变化; 单通道方案所留出的潮汐通道内流速不大, 与规划方案相比并无实质上的区别; 双通道方案东侧的潮汐通道内流速与原规划方案相比略有变化。



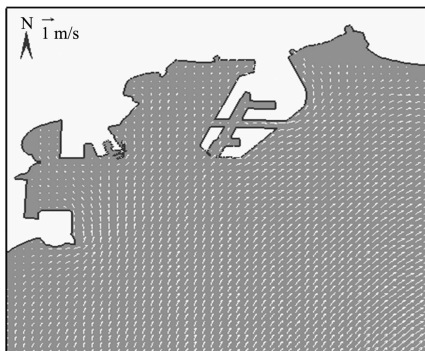
a) 原规划方案流场



b) 离岸 1.2 km 方案流场



c) 单通道方案流场



d) 双通道方案流场

图 6 各规划方案流场变化

#### 4.2 不同方案实施后水质点运动及水交换影响

在港区布置 42 个追踪质点(图 7)计算大潮情况下 3 d 内工程附近水体运动情况, 计算结果表明: 各追踪质点大部分在一定范围内做往复运动, 离岸 1.2 km 方案与原规划方案相比, 变化幅度多在 10% 以内, 但潮汐通道西侧附近的 B1、B2、C1、C2 水质点在离岸方案条件下向潮汐通道方向运动有所增加, 可能引起污染物向潮汐通道内运动。单通道方案通道附近的水质点 (B3 ~ B5、C3 ~ C5) 在东西向的运动距离反而有所减小, 双通道方案西侧湾内通道附近水质点运动距离有增有减。

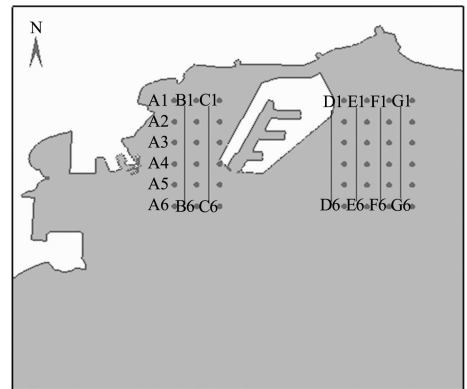
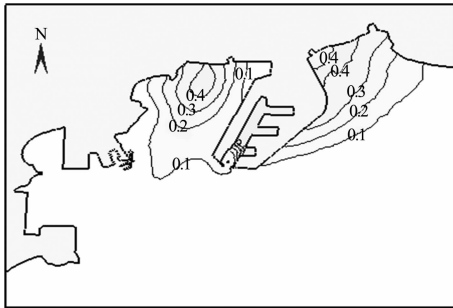


图 7 追踪质点初始位置

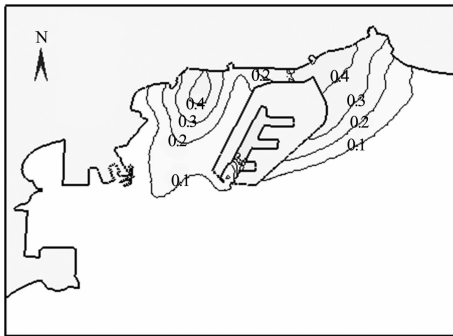
不同方案对港区东侧水质点运动影响不明显, 离岸 1.2 km 方案港区西侧水质点运动略有增加, 单通道方案港区西侧湾内水质点运动距离有所减小, 双通道方案水质点运动有所变化, 仅从水质点运动来看, 以上方案均未表现出明显改善水体交换的效果, 特别是离岸方案可能还会加大对近岸位置的污染。

在水动力模型的基础上, 考虑对流、扩散等物理过程, 以溶解态保守物质的浓度为示踪剂, 将港池内、西侧 3 km × 3 km 水域和东侧 6 km × 3 km 水域初始浓度设为 1, 其它水域设置为 0, 计算在 5 d 潮流动力作用下浓度场的变化。各方案水体交换 5 d 后示踪物质浓度包络线见图 8。对于离岸 1.2 km 潮汐通道的设置, 港池内外及港池东西两侧水体的交换无明显改善; 由于潮汐通道的存在, 部分示踪物质对流扩散到潮汐通道内, 导致潮汐通道中浓度较高, 对潮汐通道的水环境可能产生一定影响。单通道方案示踪物质扩散范围通

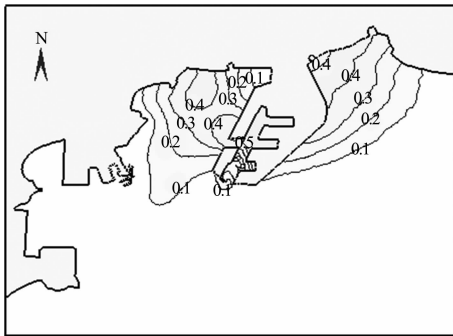
道附近局部浓度较大；双通道方案港区西侧示踪物质浓度为 0.1 的范围达到港区南侧 4.5 km 左右，港区东侧示踪物质扩散范围变化不大。



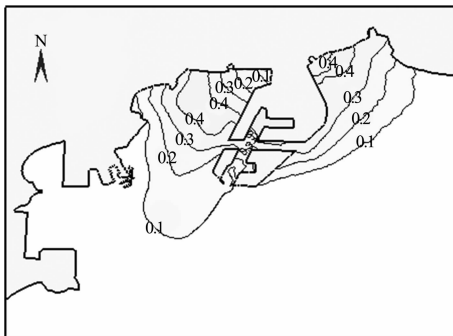
a) 规划方案包络线



b) 离岸方案包络线



c) 单通道方案包络线



d) 双通道方案包络线

图8 水体交换 5 d 后示踪物质浓度包络线

### 5 结论

本文建立龙栖湾港区工程附近的潮流模型，分析港区各工程方案实施后的流场变化，对水质点的运动进行计算分析并对不同方案情况下污染物的扩散情况进行分析，通过分析得到以下结论：

1) 工程附近为明显的往复流，离岸 1.2 km 与原规划方案相比整体流态差别不大，潮汐通道内涨潮期间流向自西向东，落潮期间流向相反，在潮汐通道中部偏东位置附近出现汇潮点。

2) 根据追踪质点的运动计算结果，不同方案两侧水体运动与原规划方案相比变化不大，但对于离岸 1.2 km 方案，由于增加了潮汐通道，污染物可能会在该位置聚集，对近岸造成污染，潮汐通道的设置对港区及附近水体交换的效果也不明显。

3) 不同方案水体交换结果表明：由于潮汐通道的存在，部分示踪物质对流扩散到潮汐通道内，对潮汐通道的水环境可能产生一定影响。

由上述计算结果及分析可以看出，采用离岸式方案对水体交换的改善效果并不明显，同时受工程布局的影响，采用潮汐通道会对整体纳潮量增减有影响；对于近岸处，是否采用不同的潮汐通道布置方案无明显的作用，各方案效果基本相同。单、双通道方案由于潮汐通道引起港内局部水域流场变化可能会对港内淤积产生不利影响，因此原规划方案更符合规划的要求。

### 参考文献：

- [1] 姜昱, 李姗, 韩涛. 锦州龙栖湾港区规划水动力泥沙数学模型研究[J]. 中国港湾建设, 2015(1): 31-34.
- [2] 韩涛, 李姗. 锦州港龙栖湾港区规划方案水体交换数学模型试验研究报告[R]. 天津: 中交天津港湾工程研究院有限公司, 2012.
- [3] 符文侠, 刘国贤. 锦州湾水文特征与泥沙状况分析[J]. 海洋通报, 1994(3): 42-52.
- [4] 曹永华. 二维潮流的浅水紊流模型及其应用[D]. 天津: 天津大学, 2003.

(本文编辑 武亚庆)