



人工岛建设对周围水域潮流场影响研究

王李吉, 陈国平, 严士常

(河海大学港口海岸及近海工程学院 海岸灾害与防护教育部重点实验室, 江苏南京 210098)

摘要: 在琼州海峡这样一个水动力环境相当复杂的区域建设人工岛, 不仅要考虑人工岛本身的稳定性问题, 还要深入地认识人工岛建设引起的周围水域流场变化以及泥沙冲淤变化。为了深入研究工程建设的影响, 基于潮流泥沙整体物理模型试验研究了海口如意岛人工岛工程周围水域工程前后的潮流场变化, 得出了人工岛工程的影响范围和强度, 同时对工程海域泥沙冲淤变化情况进行了分析和预测, 得出了人工岛工程的建设仅对工程区域附近水域有一定影响的结论。

关键词: 人工岛; 物理模型; 潮流场

中图分类号: U 656

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)09-0017-07

Impact of construction of artificial island on neighboring tidal field

WANG Li-ji, CHEN Guo-ping, YAN Shi-chang

(Key Laboratory of Coastal Disaster and Defence Ministry of Education, College of Harbor, Coastal, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: To construct an artificial island in Qiongzhou Strait, which is under a fairly complex hydrodynamic environment, we shall not only consider the stability of the artificial island itself, but also recognize the changes of flow field in the surrounding waters and sediment erosion and deposition caused by the construction of the artificial island. In order to study the impact of the construction project, we research the change of tidal current field after implementation of Ruyi artificial island project based on the physical simulation of tidal current and sediment, and obtain the scope of strength of impact. We also analyze and predict the silt erosion and deposition in the sea area which the project locates, and draw the conclusion that “the construction of the artificial island exerts some impact on the surrounding waters”.

Key words: artificial island; physical model; tidal field

随着国家经济、社会各方面的迅速发展, 土地作为不可代替资源, 其地位正与日俱增。围海造陆, 人工岛建设越来越成为世界各国优先开展的工程项目之一。而在国内, 海上人工岛建设也逐渐成为开发利用海洋资源的重要方式之一^[1-2]。海口市地处海南岛北部, 环北部湾东南岸, 与广东省隔海相望, 临近东南亚诸国, 北距湛江市约130 km, 西北距北海市区约200 km。鉴于海南国际旅游岛的发展需要, 为充分发挥海口市的热带滨海旅游优势, 增强海口市滨海旅游吸引力, 海口市依托铺前湾内的白沙浅滩进行海上人工

岛——如意岛建设。

人工岛的建设势必改变工程区的水动力条件与海岸演变状况^[3-4]。在保证人工岛本身稳定的前提下, 减少工程建设对海岸环境的负面影响, 是人工岛建设能否成功的关键因素。不同人工岛方案因为其大小、离岸距离及所处位置的差异, 对工程后海域内的潮流场、泥沙输移与岸滩环境产生不同的影响。本文主要结合海口如意岛潮流泥沙物理模型试验, 对工程周围水域的潮流场变化进行分析, 并探讨人工岛建设对其周围海域及岸滩的负面影响^[5-9]。

收稿日期: 2013-02-27

作者简介: 王李吉(1989—), 男, 硕士研究生, 主要从事港口、海岸工程研究。

1 自然条件及方案比选

1.1 工程区域潮汐特性

潮波和地形是影响潮流在海峡内分布的重要因素^[10]。琼州海峡的东口和西口分别受到南海半日潮和北部湾全日潮的作用,两股潮波通过海峡两岸传入海峡相互作用,造成大小潮期间海峡内流速的差别较大,流向呈往复运动。从流速强度来看,受地形的影响,海峡东、西口门附近的流速明显小于海峡中部流速,沿岸岬角处的流速也明显大于海湾内的流速。受到海底和岸边的摩擦作用,近岸浅水区的流速小于离岸深水区。

1.2 工程方案比选

在进行物理模型试验前,已对该工程项目进行了数学模型试验。根据数学模型试验结果,预测得出岛北侧冲刷较为严重的结论,因而在修改方案中,岛的北岸南缩了一部分,而相应的南岸也突出了一部分。另外根据人工岛工程实际需求的变化,在岛的东南侧增设一港湾。前、后两工程方案布置见图1。

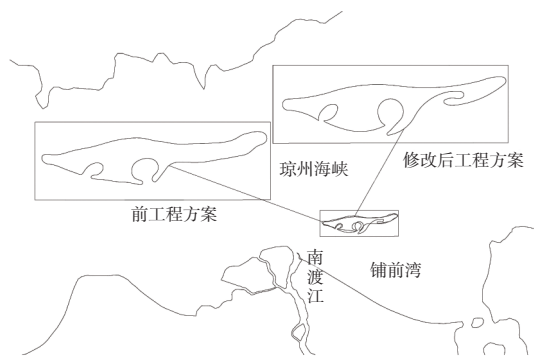


图1 工程方案比选

经过优化,最终确定工程方案规划用海面积为7.16 km²,岸线长度为23.3 km,东西最长为7.9 km,南北最宽为1.8 km,距离陆地岸线为4.4 km。工程所在的铺前湾西起新埠岛,东至东营,海湾总面积约145 km²,呈SE-NW向展布,港湾东西宽约26 km,南北长24 km,湾口朝向西北,口门宽度约19 km。工程的ENE方位面向南海,海峡东口有北方浅滩、西方浅滩和西南浅滩,正东方约25 km附近为木栏头顶海南角;正北方有红坎湾,距工程地约18 km;偏西方为海口湾,西约60 km为

北部湾水域雷州半岛的灯楼角。工程所在水域北侧面向琼州海峡,20~50 m等深线呈WSW~ENE走向,近乎平行于白沙浅滩的长轴方向。

2 模型设计与验证

2.1 模型设计

由于模拟海域面积较大,本模型采用变态。而潮流运动相似比尺可按下列相似公式确定^[11]。

1) 根据二维潮汐水流运动方程和连续方程,可得重力相似比尺公式:

$$\lambda_u = \lambda_v = \lambda_h^{1/2} \quad (1)$$

2) 水流运动时间比尺公式为:

$$\lambda_t = \lambda_l / \lambda_u \quad (2)$$

式中: u 为垂线平均流速在水平方向上的分量; v 为平均流速在垂直方向上的分量; λ_h 为垂直高度比尺; λ_l 为水平长度比尺; λ_t 为水流时间比尺。

模型试验布置见图2,流量控制断面东、西两侧各一条,且流量控制断面与正北方向夹角为17°。此外,南渡江径流大小单独控制。

2.2 模型验证

模型验证采用中铁二院2012年2月冬季实测资料,覆盖了大、中、小潮,侧重于反映工程海域的动力特征。通过实测资料的验证,对模型中相关参数进行合理的确定。其中大潮采用的验证时段为2012-02-20 T10:00—2012-02-21T10:00,中潮采用的验证时段为2012-02-23T12:00—2012-02-24 T12:00,小潮采用的验证时段为2012-02-28 T11:00—2012-02-29T11:00。2012年2月全潮实测站位见图2。

2.2.1 潮位验证

鉴于本海区复杂的潮波动力特征,同时考虑到本次测量测点位置相对靠近工程区,为验证模型的可靠性,结合2012年2月冬季在工程附近海域进行的水文测验的实测资料,验证了琼州海峡内沿岸的其他几个主要潮位站潮位资料,论证模型对这一海域潮波运动的模拟精度。其实测潮位站主要集中在铺前湾沿岸的T1到T5。

试验中潮位测站布置见图2,其中T2潮位站位于南渡江河口位置,能同时反映潮流与径流特征,T4和T5站位于铺前湾,海湾特征明显。由于

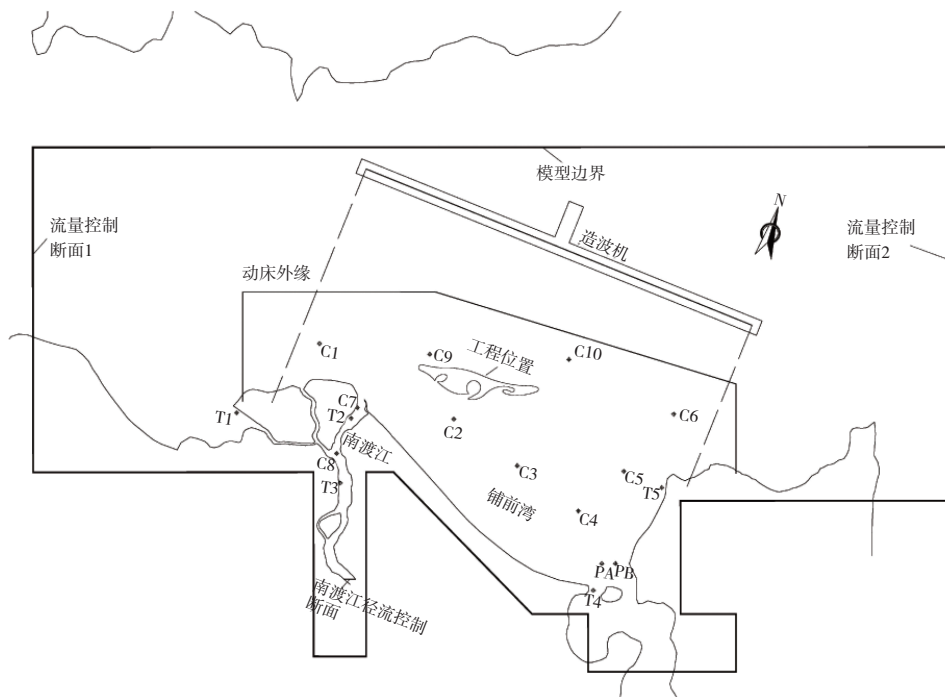


图2 模型试验布置

篇幅限制, 此处只给出T2测站的潮位验证曲线。图3为T2站大潮验证潮位过程线。

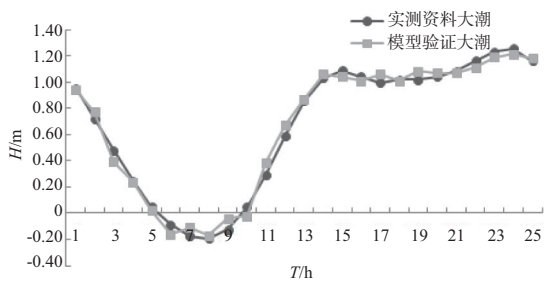


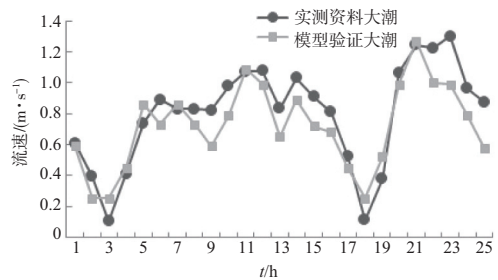
图3 T2测站大潮潮位变化

从验证结果可以看出, 实测值与计算值吻合较好, 符合相关规范的要求。

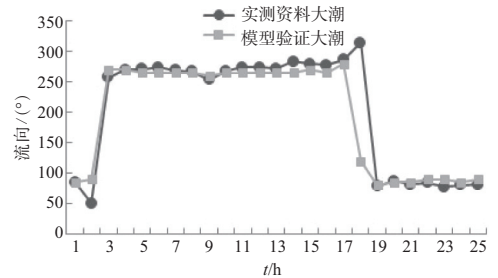
2.2.2 流速流向验证

试验中流速测站布置见图2。其中C1,C9,C10处于靠近琼州海峡深槽位置, 主流控制作用明显; C7处于潮流与径流综合控制区域, 流速流向情况较为复杂; C8测站径流控制明显; 而其余测站主要为沿岸流。图4为C9站大潮验证流速流向。另外, 流向角度为 80° 左右时该时段潮流流向为东流, 流向角度为 260° 左右时该时段潮流流向为西流。

从结果来看模型试验采集值与实测值趋势比较一致, 模拟与实测的流速过程线形态相符, 涨、



a) 流速



b) 流向

图4 C9测站大潮时段流速流向变化

落潮相位基本一致, 流速大小也比较吻合。模型能够客观反映当地的流态特征。验证结果可以看出, 实测值与计算值总体上吻合较好, 达到相关规范的要求。

3 模型试验

3.1 工程方案布置

物理模型试验以该人工岛工程数学模型试验

为基础，因而直接采用比选后的较优方案进行试验。由于采用的是变态模型，同时考虑到试验后期动床部分要进行波浪、潮流联合作用下工程区域泥沙冲淤变化，岛外防波堤仍按工程结构设计方案的边坡1:1.5正态布置。

3.2 试验结果

3.2.1 流态变化

就南渡江而言，工程影响有限，其涨、落潮的时间相位没有发生变化。而东向流时段，南渡江口的顺时针回流区工程后依旧存在（图5）。

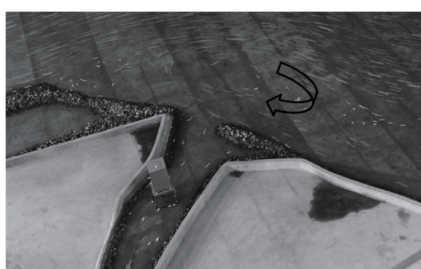


图5 东流时段南渡江口旋流

就铺前湾近岸区域而言，东南侧港湾的潮流流态过程工程前后无明显变化，而岛体南侧的铺前湾沿岸潮流仍然以原先的顺岸形式为主，近岸处流向没有发生改变。

就工程实施后海域整体流态而言，工程区域涨落潮时水体分流情况发生了变化，无论在东流时段还是西流时段，工程后由于人工岛的阻隔，原先穿过岛体所在位置的部分水体被阻挡在了人工岛的北侧，因而东流时段岛的东南侧以及西流时段岛的西南侧均形成了一定大小的掩护区。在如意岛工程区周边，流向发生较大变化，岛南侧流向与岛岸边界走向一致，如意岛工程区附近原先的东南向流路被重新调整为东、西走向，同时流速较工程前也有所减弱。图6及图7分别为西流时段及东流时段潮流过程流态。

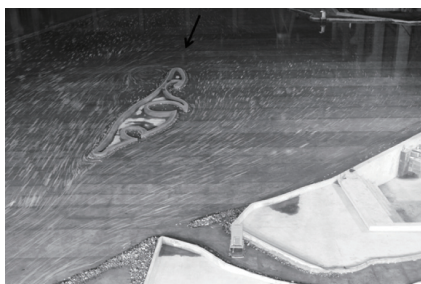


图6 西流时段潮流过程流态



图7 东流时段潮流过程流态

就工程后局部流态而言，东侧岛头位置东流时挑流作用明显，挑流方向为东北方向；而对应的西侧岛头位置西流时挑流作用明显，挑流方向为西北方向。这两点可以在下文的流速变化中找到印证。而当流向向西时，岛的北侧有逆时针旋流，且旋流以从东侧岛头滚动至西侧岛头的形式存在（图8）。当流向向东时，岛的西南侧有逆时针旋流，且旋流以从岛西部港湾口滚动至中部港湾口的形式存在（图9）；而岛的东南港湾处，始终存在回流区，其方向东流时为逆时针，西流时为顺时针（图10）。

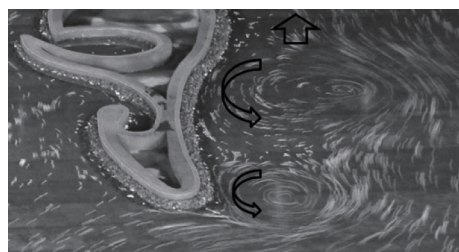


图8 西流时段岛北侧旋流

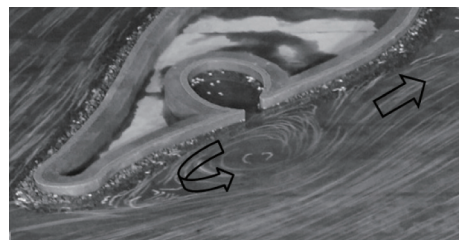


图9 东流时段岛西南侧旋流

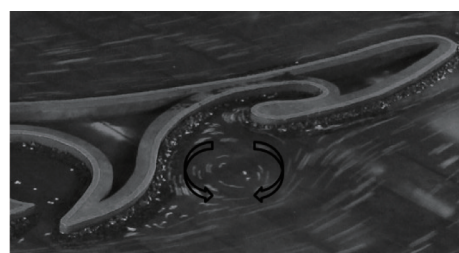


图10 全时段岛东南侧回流区

3.2.2 潮位及流速变化

为了分析如意岛工程的影响, 在如意岛周围布置7条测流断面线以监测工程前后流速变化。其分布位置如图11所示, 其中A2到A8为动床边界测点。另外, 在铺前湾东南侧港湾另设PA和PB两流速测点, 同时辅以原验证点C4和C5点的流速变化及T4和T5点的潮位变化来监测工程对铺前湾港湾区域的影响, 而南渡江则延续模型验证时期选用的潮位测点T2和T3及流速测点C7和C8来监测工程对南渡江的影响, 其位置如图2所示。

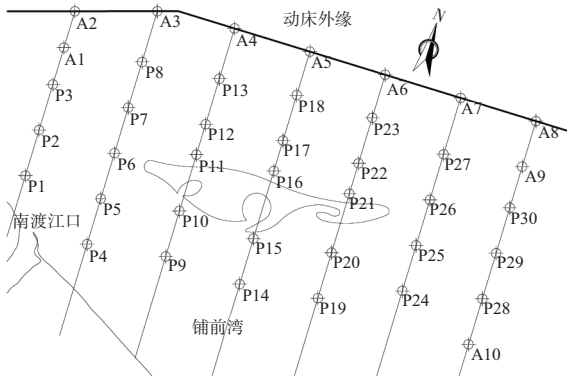


图11 工程区域测流断面布置

表1与表2分别为大潮过程中工程前后潮位测点潮位变化率与流速测点最大流速变化率。

通过对比工程前后各点潮位、流速数据, 就铺前湾区域而言, T3和T4两潮位测点数据及C4和C5两流速测点数据在大、中、小潮潮位过程中变化不大, 而PA和PB两测点流速尽管由于靠近模型边界, 水体震荡严重, 从数值上来说较实际流速偏大较多, 但是该两点流速在工程前后也并无差异。因此, 对于铺前湾港湾区域来说, 可以断言工程是没有影响的。

就南渡江而言, 由于T2和T3站潮位数据以及C7和C8站流速数据在工程前后无论是数值上还是相位上均无明显变化, 因此同样可以断定工程对

表1 大潮过程各潮位站工程前后变化率

潮位测点	峰值变化/%	谷值变化/%
T1	3.35	2.24
T2	5.97	-2.27
T3	-1.57	-2.00
T4	-3.79	-2.33
T5	0.00	1.54

表2 大潮过程各流速站工程前后变化率

断面	测点	东流/%	西流/%
断面1	P1	-4.16	-14.93
	P2	-3.94	12.15
	P3	-4.96	7.00
	A1	-0.83	-1.68
	A2	0.00	-3.00
断面2	P4	7.00	-5.05
	P5	4.73	-7.53
	P6	-8.06	-21.51
	P7	11.52	45.76
	P8	-0.83	-6.98
断面3	A3	-2.57	-1.46
	P9	5.79	0.00
	P10	-11.57	0.00
	P11	-10.24	30.30
	P12	-5.79	0.00
断面4	P13	-5.26	0.00
	A4	-2.90	-3.37
	P14	5.26	-9.59
	P15	32.56	34.25
	P16	-23.14	-16.46
断面5	P17	0.00	-5.05
	P18	-5.79	-1.06
	A5	-0.93	3.86
	P19	3.95	-13.73
	P20	-15.12	-25.32
断面6	P21	-24.56	-43.04
	P22	0.00	-6.63
	P23	0.00	1.39
	A6	3.64	0.00
	P24	-5.38	-2.61
断面7	P25	-44.09	-11.40
	P26	17.54	-6.14
	P27	6.72	7.00
	A7	0.00	0.00
	A10	-0.61	-7.80
加测点	P28	-6.30	0.00
	P29	-11.59	0.00
	P30	-12.66	0.00
	A9	-7.00	-7.20
	A8	-1.75	8.75
加测点	PA	0.00	1.25
	PB	3.22	-3.23
	C4	-3.69	0.00
	C5	-2.69	-1.67

南渡江流域无影响。

就工程周围区域而言,首先是岛体的两侧,对于测流断面1,即岛体西侧离岛最远的一排流速测点,从流速变化上来看,工程几乎没有影响,仅仅是靠北侧的P2和P3点西流最大流速略有增大,而靠南侧的P1点西流最大流速略有变小。对于测流断面2,岛头左侧的P6点大潮西流最大流速较工程前的0.93 m/s减小了21.51%,而P6点北测的P7点大潮西流最大流速较工程前的0.59 m/s增大了45.76%,而P8测点与A3测点大潮西流最大流速出现时段提前了1 h。这两条断面流速分布变化说明,人工岛工程实施后,当流向为西时,西侧岛头有比较明显的挑流现象,挑流方向为西北方向。

对于测流断面6,与测流断面2类似,P26点大潮东流最大流速较工程前1.14 m/s增大了17.54%,而P25点大潮东流最大流速较工程前的0.93 m/s减小了44.09%。对于测流断面7,流速基本没有变化,仅是在东流时段P29和P30两测点流速略有减小。这说明,人工岛工程实施后,当流向为东时,东侧岛头有比较明显的挑流现象,挑流方向为东北方向,且岛东南侧区域由于岛的掩护作用,在东流时段流速有所减小。

就岛体南北区域而言,测流断面3为穿过岛体布置的测流断面,其中P11点最靠近岛的北侧,其大潮西流最大流速较工程前的0.66 m/s增大了30.3%,东流最大流速较工程前的1.27 m/s减小了10.24%。对于同样在岛体北侧的测流断面4的P16以及测流断面5的P21和P16点大潮西流最大流速较工程前的0.79 m/s减小了16.46%,东流最大流速较工程前的1.21 m/s减小了23.14%,此外,P16测点大潮西流最大流速出现时段比工程前提前了2 h;P21点大潮西流最大流速较工程前的1.14 m/s减小了43.04%,东流最大流速较工程前的1.21 m/s减小了24.56%。总的来说,工程后此3点的流速在东流时段变化一致,均为减小,这说明,工程后水体从东往西经过岛北侧近岸点时,并不是单纯以顺岸形式运动,这也正好印证了上文流态变化中工程后出现在岛北侧的旋流。而在东流时段,岛的西北侧流速增大,东北侧流速减小。

而位于岛南侧的P10,P15,P20这3点,其中P10点大潮西流最大流速工程前后没有变化,仅是出现时段提前了1 h,而东流最大流速较工程前的1.21 m/s减小了11.57%,出现时段同样提前了1 h。P10点的流速变化印证了东流时段岛西南侧的旋流。而P15点大潮西流最大流速较工程前的0.73 m/s增大了34.25%,出现时段提前了2 h,东流最大流速较工程前的0.86 m/s增大了32.56%,出现时段提前了1 h,这说明,岛体南侧中部港湾外流速全时段增大。P20点大潮西流最大流速较工程前的0.79 m/s减小了25.36%,东流最大流速较工程前的0.86 m/s减小了15.12%,这同样印证了岛东南侧港湾外始终存在的回流区。

此外,对于测流断面3,4,5中其余离岛较远的测流点,其中北侧的测点流速几乎没有变化,说明工程的建设对岛北离岸较远区域影响有限。另外一方面,南侧离岸的第2排测点的最大流速都在工程前后发生了变化,且均为最大流速变小,这说明,岛南的海域受到工程影响的区域面积较大。

关于不同潮型下人工岛工程建设导致的最大流速变化强度,无论流向为东流还是西流,在大潮控制时段,近人工岛流速测点的最大流速变化率是最大的,而此时工程影响流速变化的范围也是最大的。而在中潮和小潮控制时段,尤其是小潮时段,以上两点影响均有所减弱。

3.2.3 工程区域泥沙冲淤情况预测分析

由工程前后的流速及流态对比分析可得,在纯流情况下,岛体东北侧近岸区域在东流时段流速减小,而在西流时段存在旋流,因而可以判定岛体东北侧近岸区域为淤积带^[12]。而岛体西南侧近岸区域在东流存在旋流,在西流时段流速无明显变化,岛体东南港湾口在全时段均存在回流区,通过这两点可以判定此2个区域均为淤积带。另外,岛南中部港湾口门外侧流速全时段增大,同时考虑到港湾处尖嘴式的岛型,可以判定该区域为冲刷带。岛体西北侧近岸区域在西流时段存在旋流,但是在东流时段流速增大,因而其冲淤变化情况需在后续试验中进一步探讨。同样在后续动床试验部分中,将研究波、流联合作用下,

工程区域及铺前湾沿岸区域泥沙冲淤变化情况。

4 结论

1) 工程的建设对铺前湾东南近岸区域、西南顺岸区域以及南渡江区域流场均无影响。

2) 如意岛工程实施后, 岛的北侧离岸较远区域流场基本无变化, 而岛的南侧离岸较远区域流速略有减小。而就人工岛东西两侧而言, 东流时段在如意岛的东北侧远岸区域形成流速增大区, 而岛东南侧及东北侧近岸区域因掩护效应, 流速有所减小。西流时段在如意岛的西北侧形成流速增大区, 而岛西南侧, 同样因为掩护效应, 流速有所减小。其中, 增速区流速最大变化率为45.76%; 减速区流速最大变化率为44.09%。

3) 工程实施后, 岛体北侧近岸区域在西流时段出现多股从东移动至西的旋流, 而在东流时段, 其西北侧流速增大, 东北侧流速减小。岛体南侧近岸区域, 流向变为沿着岛边线走势。岛南中部港湾口全时段流速增大, 特别在东流时段, 近岛水域出现多股从岛西港湾口移动至岛中港湾口的旋流, 而岛东港湾口始终存在一回流区。

4) 工程实施后, 在纯流情况下, 岛体东北侧近岸区域、西南侧近岸区域以及东南侧港湾口区域均为淤积带, 岛体南侧中部港湾外为冲刷带。

参考文献:

[1] 严恺编. 海岸工程[M]. 北京: 海洋出版社, 2002: 120-

130.

- [2] 谢世楞. 人工岛的设计进展[J]. 海洋工程, 1995(1): 1-7.
- [3] 孙秀峰. 人工岛(群)对河口海岸水沙环境的影响研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2011.
- [4] Rozemeijer M J C, De K J, Boon J, et al. Towards an assessment of the effects of some artificial island-designs on the dutch coastal system[J]. Journal of Hydrography Supplement, 1999(3): 41-42.
- [5] 李孟国, 时钟. 江苏如东海域西太阳沙人工岛工程潮流数学模型研究[J]. 中国港湾建设, 2006(3): 1-4.
- [6] 李文丹, 李孟国, 韩西军, 等. 港珠澳大桥珠澳口岸人工岛工程二维潮流泥沙数学模型研究[J]. 中国港湾建设, 2011(5): 27-30.
- [7] 魏龙, 王义刚, 黄惠明, 等. 冀东南堡人工岛工程潮流泥沙数值模拟[J]. 水运工程, 2012(6): 43-47.
- [8] 王诺, 颜华锟, 左书华, 等. 大连海上机场人工岛建设对区域水动力及海床冲淤影响分析[J]. 水运工程, 2012(4): 5-11.
- [9] 陈可锋, 陆培东, 王艳红, 等. 江苏如东人工岛建设对周边水动力及泥沙冲淤的影响[J]. 中国港湾建设, 2008(1): 8-12.
- [10] 方伟, 李凯双, 张桂荣. 滩海工程环境因子与人工岛工程相互作用初探[J]. 中国港湾建设, 2008(3): 15-17.
- [11] 左东启. 模型试验的理论和方法[M]. 北京: 水利电力出版社, 1984.
- [12] 邹志立. 海岸动力学[M]. 北京: 人民交通出版社, 2009.

(本文编辑 武亚庆)

