



梅东浅滩围垦对水流影响的数值模拟

杨春平, 姜大荣, 徐 锐, 孙平锋

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 由于梅山本岛土地资源紧张, 为了实现梅山规划区块功能, 初步考虑在梅山本岛东部围垦以建设梅山通用航空产业基地等基础设施。采用MIKE 21 HD水动力模型对梅山水道封堵前提下5个不同围垦方案实施后对梅山岛海域的流场情况进行了数值模拟, 并对围垦实施前后潮流场变化情况, 对各方案进行初步比选。从模拟结果可以看出, 规划梅东围垦工程的建设不会改变大范围整体海域的流场结构。总体而言, 梅东围垦方案一围垦范围最小, 受其影响的范围也相对较小, 而方案5由于未封堵扑蛇山与梅山间汉道, 因此其对穿山南作业区的影响程度要小于其他各封堵汉道的方案。

关键词: 梅山围垦; MIKE 21 HD水动力模型; 水流影响; 数值模拟

中图分类号: TV 131

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)10-0012-07

Numerical modeling of influence on current due to reclamation in Meishan

YANG Chun-ping, JIANG Da-rong, XU Kun, SUN Ping-feng

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: Due to the absence of the ground resource, the construction land of the general aerial industry base is planned to get from reclamation in the east of Meishan to construct infrastructures in order to satisfy the functions planning of Meishan. We use the MIKE 21 HD model to simulate the influence on current due to the planned five different reclamation scenarios in the east of Meishan after plugging the Meishan waterway, and make a comparison according to the modeling results. The modeling results reveal that the influence of the planned reclamation project to the larger area tide field is little. Generally speaking, the influence of the first scenario is the least as its reclamation area is the least among the five scenarios. While the fifth scenario has the least influence on the south Chuanshan operation area, as the waterway between Pusheshan mountain and Meishan is not plugged.

Key words: reclamation in Meishan; MIKE 21 HD model; influence on current; numerical modeling

2011年11月,《梅山(保税)港城总体规划(2010—2030)》正式获得宁波市政府批复。新批准规划结合浙江省海洋经济战略及海洋功能区划,对梅山提出了更多、更高层面的战略发展要求。为满足规划区块功能的实现,初步考虑在梅山本岛东部建设梅山通用航空产业基地等基础设施。由于梅山本岛土地资源紧张,梅山通用航空产业基地建设用地拟通过对梅东浅滩围垦获得。

梅山岛是宁波市第四大岛,地理坐标东经 $121^{\circ}57' \sim 122^{\circ}02'$,北纬 $29^{\circ}45' \sim 29^{\circ}48'$,地处象

山港口门东北部,外形似椭圆状,呈东北—西南向,总面积为 26.9 km^2 。梅山岛西北与北仑区上阳乡、郭巨镇隔梅山水道相望,东北临崎头洋,东南与佛渡岛、六横岛隔佛渡水道相望。梅东浅滩围垦工程位于梅山岛的东北端。工程所处海域岛屿密布,水道纵横,潮流运动情况极其复杂^[1-2],故需要对梅东浅滩不同围垦方案实施前后流场变化情况进行预测和分析。

本文利用梅山水道工程实测的潮汐、潮流和地形资料,采用MIKE 21 HD水动力模型建立工程

收稿日期: 2013-08-10

作者简介: 杨春平(1982—),女,硕士,工程师,主要从事港口、海岸及近海工程专业设计工作。

海区及周边海区的水动力数学模型, 并利用实测潮位和潮流资料进行验证, 分析工程前后流场变化以及本工程对周边海区、水道水流的影响。

1 规划梅东围垦方案

根据规划和发展要求, 结合梅东浅滩的相关地形资料, 初步拟定了5个围垦平面方案, 各方案海堤轴线布置分别如以及图1~5所示:

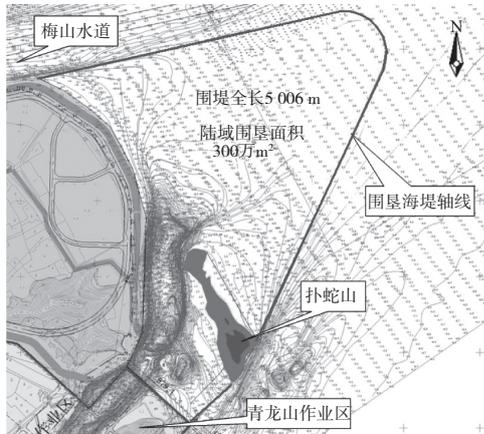


图1 方案1海堤轴线布置

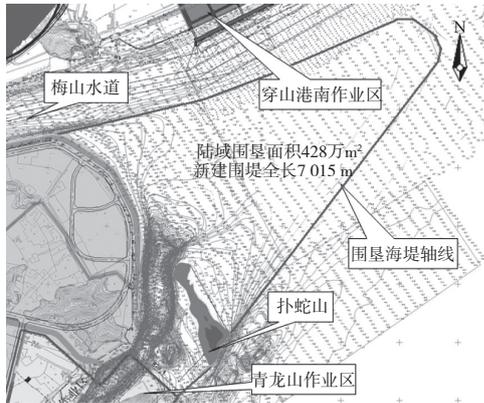


图2 方案2海堤轴线布置

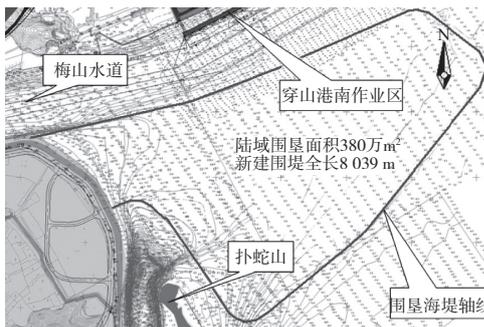


图3 方案3海堤轴线布置

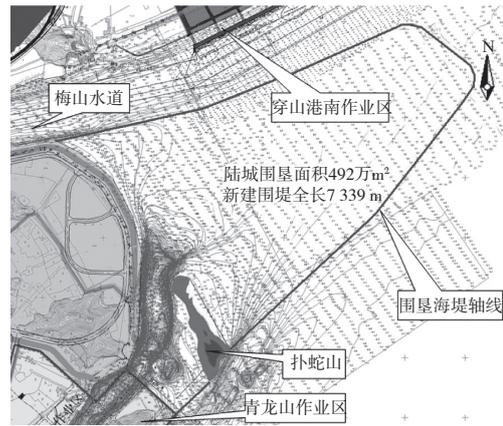


图4 方案4海堤轴线布置



图5 围垦方案5海堤轴线布置

2 模型简介

本研究报告采用2011版MIKE 21 HD水动力模型^[3]进行二维潮流数值模拟计算。MIKE 21 HD由丹麦水力研究所(DHI)研发, 模型自开发以来吸取了世界范围内大量实际工程的应用经验, 在国际河口、海岸及海洋工程设计中得到了广泛应用和持续发展。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}u}{\partial y} = f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \\ \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial x} \right) + \\ \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy}) + hu_s S \quad (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} = -f\bar{u}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \\ \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial x} \right) + \\ \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{yy}) + hv_s \quad (3) \end{aligned}$$

方程中： t 为时间； x 、 y 、 z 为右手Cartesian坐标系； η 为水面相对于未扰动水面的高度即通常所说的水位； h 为静止水深； u 、 v 、 w 分别为流速在 x 、 y 、 z 方向上的分量； p_a 为当地大气压； ρ 为水密度， ρ_0 为参考水密度； $f=2\Omega\sin\phi$ 为Coriolis力参数（其中 $\Omega=0.729\times 10^{-4}\text{ s}^{-1}$ 为地球自转角速率， ϕ 为地理纬度）； $f\bar{v}$ 和 $f\bar{u}$ 为地球自转引起的加速度； s_{xx} ， s_{xy} ， s_{yx} ， s_{yy} 为辐射应力分量； T_{xx} ， T_{xy} ， T_{yx} ， T_{yy} 为水平黏滞应力项； S 为源汇项； (u_s, v_s) 为源汇项水流流速。

模型求解采用非结构网格中心网格有限体积法求解，对计算区域内滩地干湿过程，采用水位判别法处理，即当某点水深小于浅水深 ε_{dry} （如0.1 m）时，令该处流速为零，滩地干出，当该处水深大于 ε_{flood} （如0.2 m）时，参与计算，潮水上滩。

3 模型设置与验证

梅山所在海区潮动力环境较强，为了能更好地模拟工程前后的潮流场变化情况，采用粗细网格逐层加密的方法，整个计算区域布设的节点数为48 090个，单元数为92 668个，网格最小为25 m，时间步长取5 s，计算时曼宁综合糙率取值为 $n=0.013+0.05/h$ （ h 平均水深）^[4]。模型计算范围如图6所示。

采用2010年3月大岙、外干山、黄岩头、洋沙山和洋涨岙5个站的潮位资料和5个站的实测流资

料^[5]对模型计算结果进行验证，图7为验潮站及潮流验证点的位置。

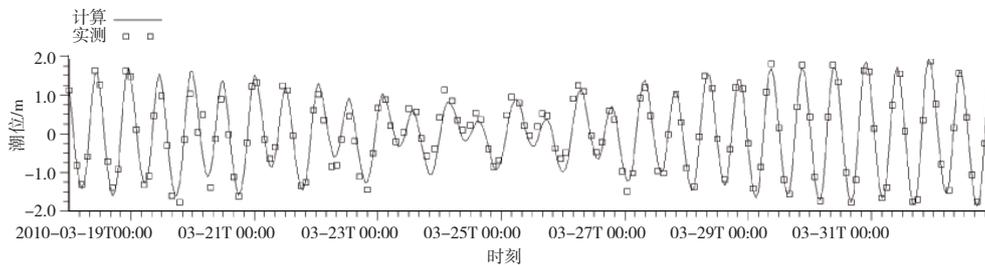


图6 水动力模型计算范围

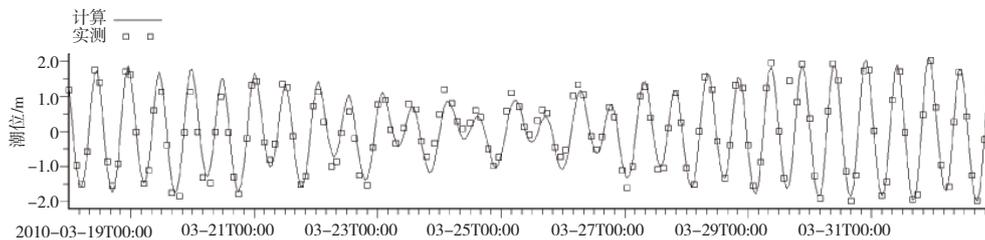


图7 5个验潮站及5个潮流验证点的位置

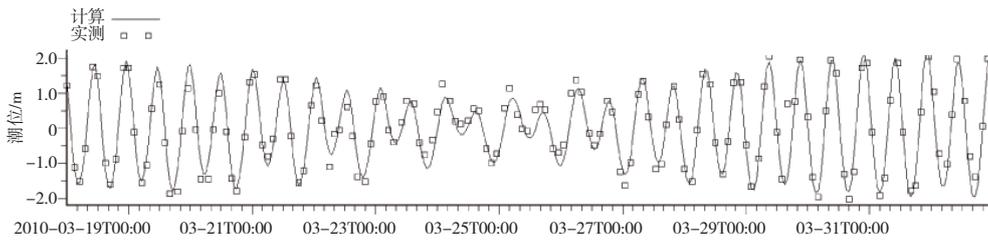
图8为2010年3—4月实测潮位站的潮位验证图，图9为流速、流向验证图。可以看出，计算和实测值的误差小于10%^[6-8]。总体而言，计算值与实测值吻合良好；潮位计算值与实测值的误差在误差允许的范围之内，流场模拟验证基本达到了工程计算的要求，模型可用于工程后的潮流预测计算。



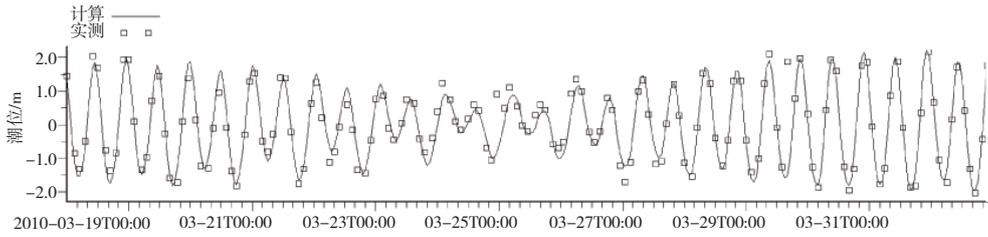
a) 大岙



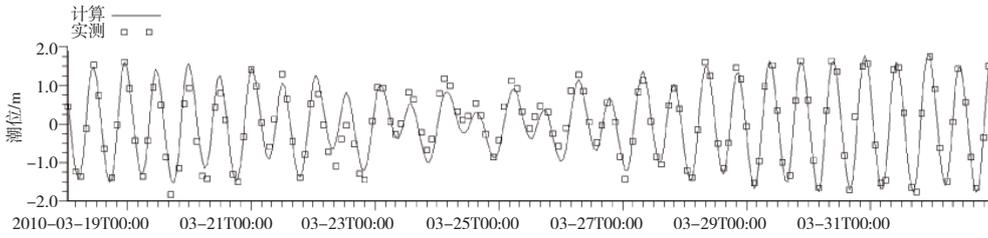
b) 黄岩头



c) 外干门

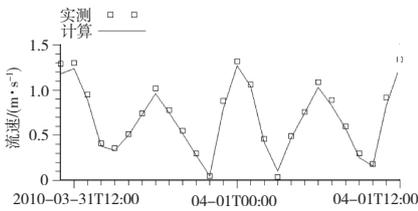


d) 洋沙山

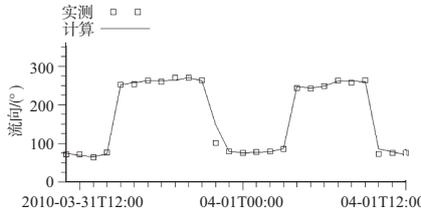


e) 洋涨岙

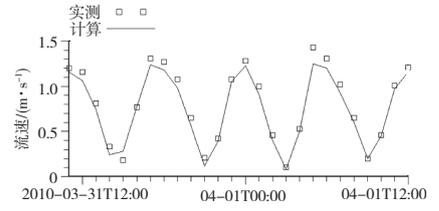
图8 潮位验证



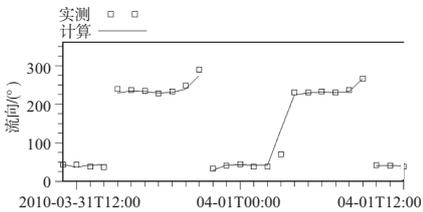
a) 11#大潮流速



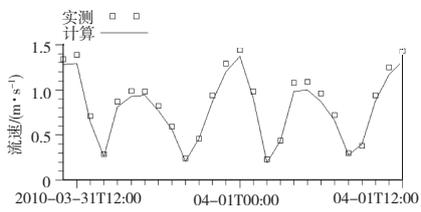
b) 11#大潮流向



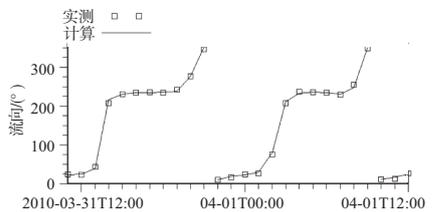
c) 12#大潮流速



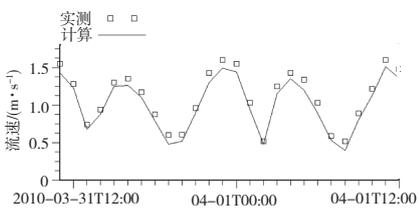
d) 12#大潮流向



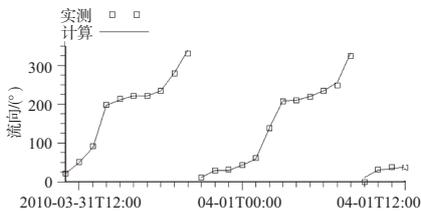
e) 13#大潮流速



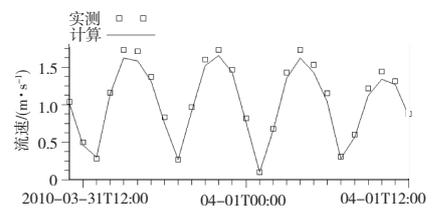
f) 13#大潮流向



g) 14#大潮流速



h) 14#大潮流向



i) 15#大潮流速

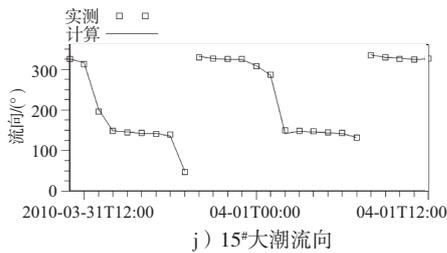


图9 各站大潮潮流验证

4 围垦方案实施前水动力条件

图10、11为模型计算出的工程实施前梅山岛海域大潮涨、落急流矢图。从图中可以看出，工程区附近涨、落潮流基本较为平顺。涨潮时，

外海潮波从东南向传播而来，一股进入牛鼻山水道，经汀子门、青龙门、双屿门及梅山水道流入佛渡水道，另一股进入条帚门水道，两股涨潮流在佛渡水道会合之后以东北向流入峙头洋。受各水道及口门断面缩窄影响，外海涨潮流在流经各水道及口门时流速明显增大。

落潮时各口门及水道中的流向与涨潮相反，峙头洋下泄的水体流经佛渡水道、梅山水道与条帚门，进一步通过各口门及牛鼻山水道流向外海。总体而言，梅山岛海域的落潮流与涨潮流相比稍弱。

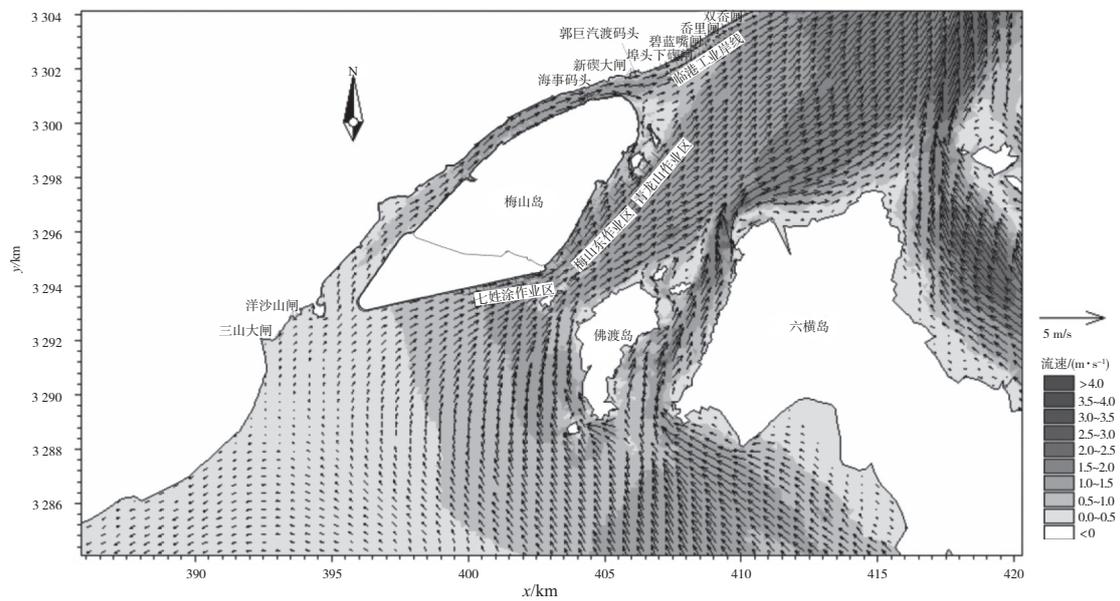


图10 工程前梅山岛海域涨急流矢图

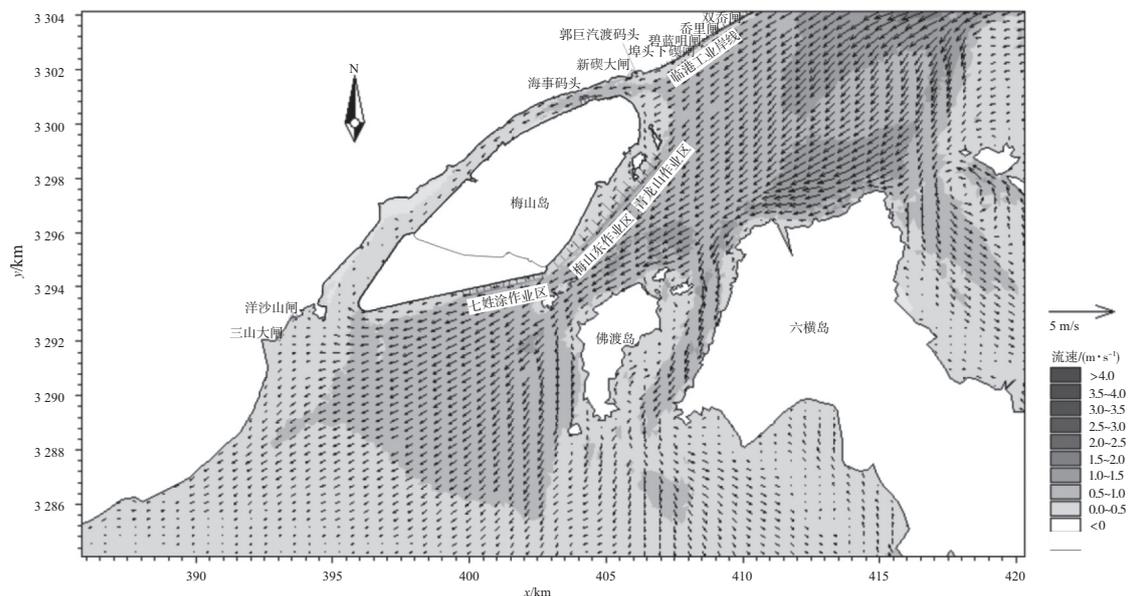


图11 工程前梅山岛海域落急流矢图

5 围垦方案实施后对潮流的影响

梅山水道封堵及围垦方案1实施后, 围垦区东侧近岸以及六横岛西侧及北侧离岸水域涨潮流速有所增加, 其中围区东侧增幅大都在0.2 m/s以内, 六横岛西侧及北侧离岸水域在0.1 m/s左右; 围垦区东侧近岸落潮流速亦有所增加, 但增加的范围及幅度比涨潮流小。青龙山西侧汉道以及围垦区北侧外山嘴闸以西至新碶闸受围垦及汉道封堵影响流速有不同程度的减小。梅山岛与青龙山间汉道水域愈近

围垦区减小幅度越大, 涨潮平均流速减小幅度基本在0.6 m/s以内, 落潮平均流速减小幅度在0.4 m/s以内。围垦区头部至梅山水道工程北堤水域为一缓流区, 涨潮平均流速减幅在0.32 m/s以内, 而落潮平均流速减小幅度基本在0.13 m/s以内; 涨潮平均流速小于0.05 m/s的区域可达到外山嘴闸附近。此外, 规划梅山港区码头东侧离岸与佛渡岛间落潮流速略有减小, 减小幅度基本在0.1 m/s以内。其他外围水域基本没有影响^[9], 见图12, 13。

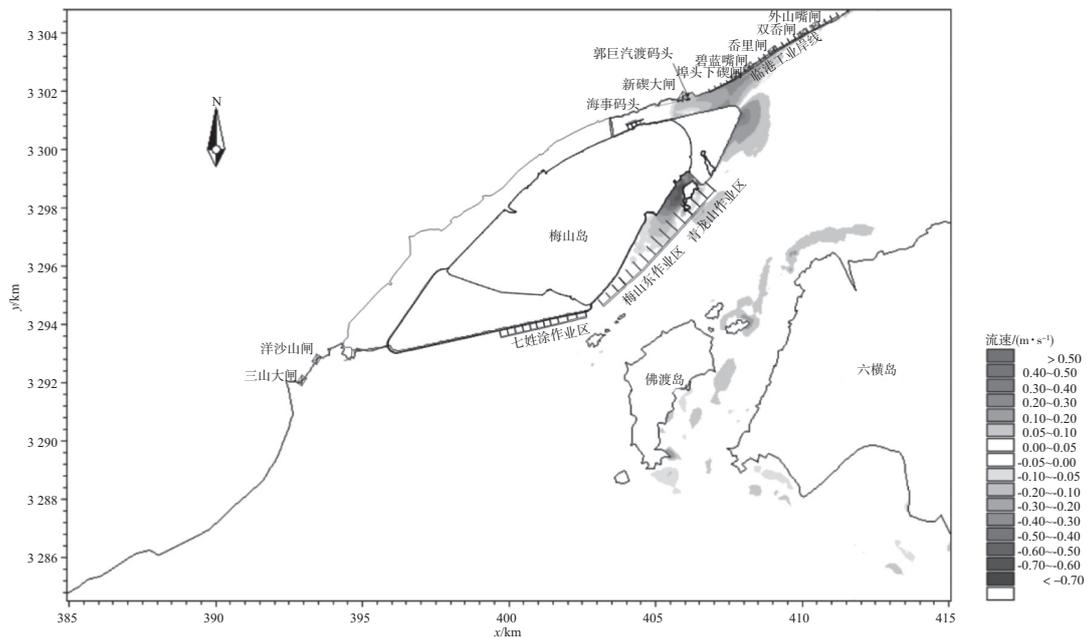


图12 方案1实施后平均涨潮流速变化

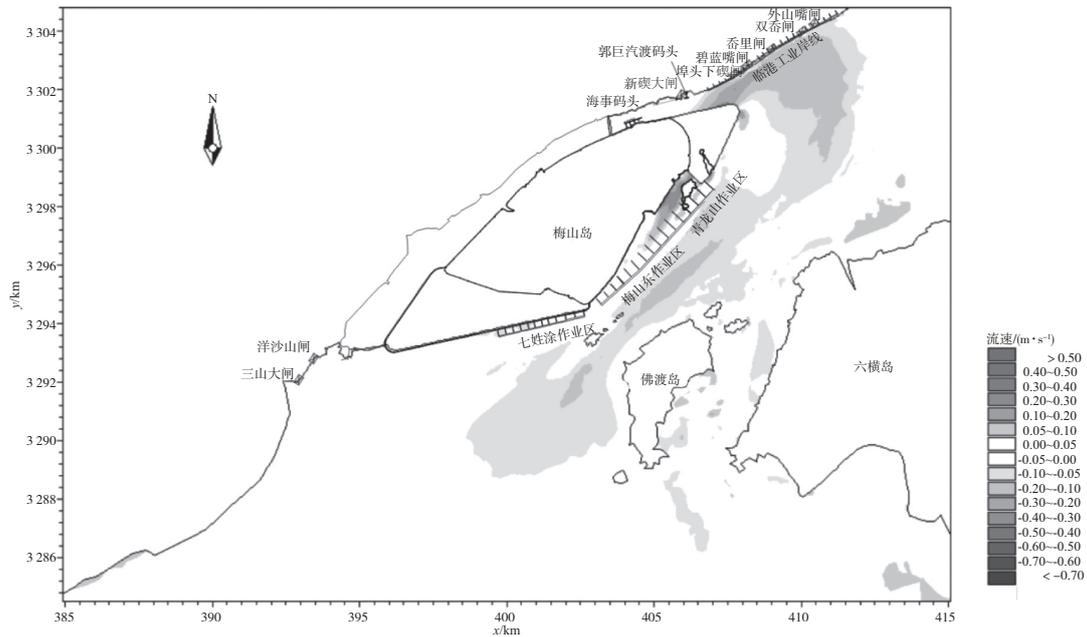


图13 方案1实施后平均落潮流速变化

方案1及其它各方案实施后对水流影响情况比较见表1所示。

表1 各方案实施后对水流影响比较

项目	围垦面积/万m ²	海堤总长/m	对水流的影响
方案1	300	5 006	围垦区北侧涨潮平均流速减小幅度小于0.05 m/s的区域达到外山嘴附近
方案2	428	7 015	青龙山西侧汉道涨潮流速减小的范围略大于方案1, 围垦区北侧涨潮平均流速减小幅度小于0.05 m/s的区域可达到外山嘴以北约1 km
方案3	380	8 039	与方案3相当, 穿山半岛南岸涨落潮平均流速减小幅度小于0.05 m/s达到的区域也基本与方案3一致
方案4	492	7 339	青龙山西侧汉道涨潮流速减小的范围与方案1相当, 涨潮平均流速减小幅度小于0.05 m/s的区域可达到外山嘴以北约1.2 km
方案5	268	6 892	对流速的影响来看也基本与方案3相当, 影响范围小于方案3; 梅山水道盲肠段水域流速基本没有变化, 对穿山南作业区的影响程度要小于其他方案

6 结语

采用MIKE 21 HD水动力模型建立工程海区及周边海区的水动力数学模型, 利用实测潮位和潮流资料进行验证, 并展开数值模拟试验, 计算梅东浅滩不同围垦方案实施前后流场变化情况, 对周边海区、水道水流的影响进行预测和分析。

从数值模拟试验结果可以看出, 规划梅东围垦工程的建设不会改变大范围整体海域的流场结构, 主要对梅山岛北部、东部及六横岛附近水域流场产生一定影响, 外围海域如象山港、条帚门、虾峙门、螺头水道、金塘水道等水道的涨落潮流流态及流速大小几乎没有变化。

梅东围垦工程各方案实施后围垦区东侧近岸、六横岛西北侧流速有一定的增加, 增幅大都在0.2 m/s以内。围垦区与穿山半岛间水域水流有不同程度的减小, 涨潮平均流速减小幅度基本在0.4 m/s以内, 落潮平均流速减小幅度基本在0.2 m/s以内, 流速减幅0.05 m/s区域基本可达到外山嘴附近水域, 且与围堤往东北延伸的距离有关, 延伸距离越长则影响范围越远。梅东围垦各方案实施后, 对新碛闸至梅山水道北堤间水动力影响很小(该段主要受梅山水道封堵影响)。

总体而言, 梅东围垦方案1围垦范围最小, 受其影响的范围也相对小一些, 而方案5由于未封堵

扑蛇山与梅山间汉道, 因此其对穿山南作业区的影响程度要小于其他各封堵汉道的方案。

参考文献:

- [1] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 梅山水道工程对梅山港区及穿山南港区建港条件影响评价报告[R]. 上海: 中交第三航务工程勘测设计院有限公司, 2010.
- [2] 中国人民解放军92899部队. 梅山水道水环境综合治理工程水下地形测量分析报告[R]. 宁波: 中国人民解放军92899部队, 2010.
- [3] DHI software 2011 MIKE 21 HD User Guide[S].
- [4] 南京水利科学研究院. 梅山水道抗超强台风渔业避风锚地工程潮流泥沙数学模型补充研究报告[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2011.
- [5] 中国人民解放军92899部队. 梅山水道水环境综合治理工程水文、泥沙、水质测验分析报告[R]. 宁波: 中国人民解放军92899部队, 2010.
- [6] 严恺. 海岸工程[M]. 北京: 海洋出版社, 2002.
- [7] JTST 231-2—2010 海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程[S].
- [8] JTS 145-2—2013 海港水文规范[S].
- [9] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 梅东围垦前期工作研究报告[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2013.

(本文编辑 郭雪珍)