

大麦屿港区规划污水排放中化学需氧量对乐清湾海域环境的影响及环境容量研究

宋伟华¹, 陈菊芬², 陈立红¹, 谢中宇¹, 徐娇霞³

(1. 国家海洋局第二海洋研究所工程海洋学重点实验室 杭州 310012; 2. 玉环县环境保护局 玉环 317600;
3. 中国新型建材设计研究院 杭州 310003)

摘 要：浙江是海洋大省，沿海港口开发已成为浙江省“十二五”期间重大战略，港口开发中污水排放对海洋环境的影响亦成为社会重点关注的问题之一。文章采用 MIKE 21 软件，在乐清湾已知测点潮流、潮位、水质化学需氧量本底浓度以及大麦屿港区规划污水排放口、化学需氧量排放源强、环境目标值等基础资料的前提下，进行潮流场模拟，采用污染物扩散水质模式预测台州港大麦屿港区规划污水排放中化学需氧量对乐清湾海域环境的影响，并计算污水排放口周边混合区范围内化学需氧量的环境容量。结果表明，大麦屿港区规划污水排放中化学需氧量对乐清湾海域影响较小，整个乐清湾内的化学需氧量浓度增量在 0.001~0.005 mg/L 之间，增量大于 0.003 mg/L 区域仅限于排污口附近；海水中化学需氧量环境容量较大，污水中化学需氧量排放量仅占环境容量的 0.083%。

关 键 词：乐清湾；大麦屿港区；化学需氧量；环境容量

1 引言

乐清湾位于浙江省东南部，瓯江口外北侧，是浙江省三大海湾之一，海湾形似葫芦，口门宽约 21 km，纵深达 40 km，中部最窄处约 4.5 km。按地形地貌形态乐清湾分为内湾、中湾和外湾三大部分^[1]，内湾在分水山—茅埏岛—东山头连线以北海域，中湾在连屿—大小乌山—打水湾连线和分水山—茅埏岛—东山头连线之间海域，外湾在连屿—大小乌山—打水湾连线以南海域。内湾分布着大量的海水养殖，以及西门岛海洋特别保护区和乐清湾泥蚶国家级水产种质资源保护区；中湾和外湾主要以发展临港产业为主。

大麦屿港区位于乐清湾东岸的玉环县境内，是浙江南部海域的重要港口，台州港的重要组成部分。大麦屿港区由五大作业区组成，分别为普竹作业区、连屿作业区、大麦屿作业区、大岩头作业区和鲜迭作业区，排污口位于乐清湾外湾牛头颈外侧海域，港区污水排放量约 43.52 万 m³/a，化学需氧量排放浓度为 30 mg/L（图 1）。

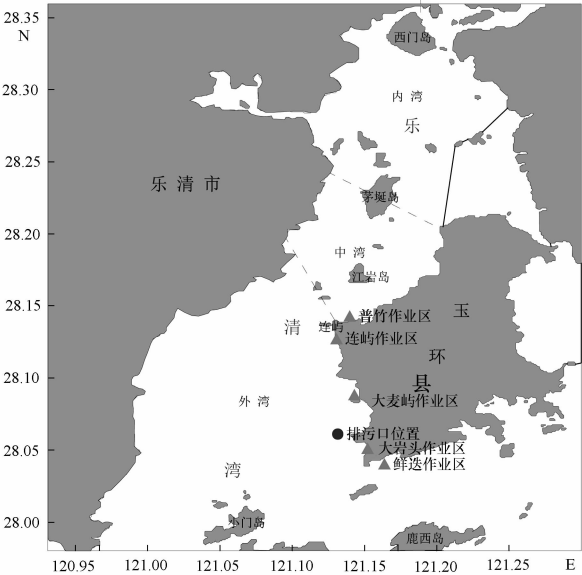


图 1 大麦屿港区各作业区位置

2 研究方法

2.1 水环境影响研究方法

海域污染物水质模型是根据质量守恒原理，

并考虑物质对流、紊动扩散及衰减等物理、化学过程, 针对水域污染物在水体中的输运和浓度分布状况进行模拟和预测而建立的^[2]。目前, 国内外研究者采用多种形式的二维水质模型来计算浓度场的分布, 以对流扩散方程为基础, 将其中的衰减项替代水体中各种复杂反应过程的方程式^[3]。本研究采用二维水质模型为^[4]:

$$\frac{\partial}{\partial t}(hc) + \frac{\partial}{\partial x}(uhc) + \frac{\partial}{\partial y}(vhc) = \frac{\partial}{\partial x}\left(h \cdot D_x \cdot \frac{\partial c}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(h \cdot D_y \cdot \frac{\partial c}{\partial y}\right) - F \cdot h \cdot c + S$$

式中: c 为污染物浓度, mg/L ; h 为水深, m ; u 、 v 分别为 x 、 y 方向的速度分量, m/s ; D_x 、 D_y 分别为 x 、 y 方向的扩散系数, m^2/s ; F 为衰减系数, d^{-1} ; S 为污染物源项, $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ 。其中 u 、 v 和 h 由水动力模型提供。

2.2 海域环境容量研究方法

根据《全国水环境容量核定技术指南》, 水环境容量是指在给定水域范围和水文条件, 规定排污方式、水质本底值和水质目标的前提下, 单位时间内该水域最大允许纳污量。由此可知, 水环境容量主要取决于水资源量、水质本底值、水环境功能区划和排污方式四大因素。

在某一规定海域范围内, 在确定水质本底值的前提下, 利用二维水质模型建立污染物排放和接纳水体水质之间的输入响应关系^[5], 即不断加大污染物浓度 c 值, 当规定海域某一边界污染物浓度达到相应水环境功能区划水质标准要求时, 认为污水排放量与污染物浓度的乘积即为该规定海域的环境容量。

3 过程研究

3.1 水质中化学需氧量浓度本底值

2011 年 4 月国家海洋局第二海洋研究所在乐清湾海域进行了 20 个站位 (W01~W20) 的水质调查 (图 2)。结果表明, 大潮期化学需氧量平均浓度为 1.47 mg/L , 小潮期为 0.97 mg/L (表 1), 化学需氧量浓度大潮期明显高于小潮期。

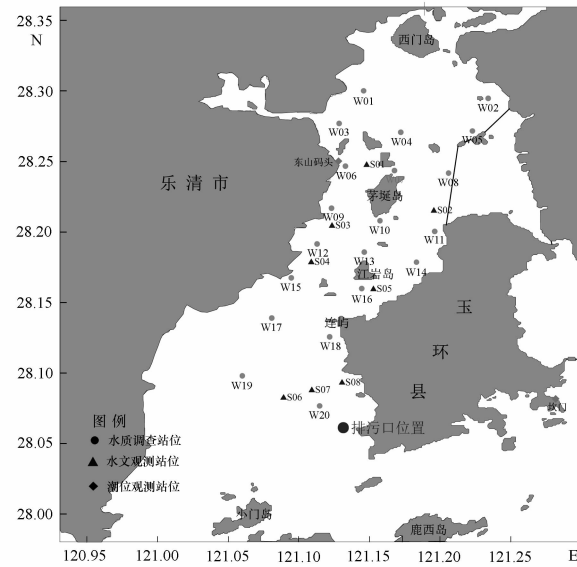


图 2 水质、潮位和潮流调查站位

表 1 水质调查化学需氧量浓度统计

潮次	最小值	最大值	平均值
大潮	0.81	2.45	1.49
小潮	0.82	1.35	0.97

3.2 潮位验证

取用 2011 年 6—7 月东山码头临时潮位站和坎门潮位站 (图 2) 为期一个月的潮位资料进行验证, 结果表明, 模拟所得的潮位与观测所得的潮位拟合较好, 高、低潮位的最大误差小于 0.10 m (图 3)。

3.3 潮流验证

取用乐清湾内 2011 年 6 月 S01~S05 和 2012 年 7 月 S06~S08 实测的 8 个水文测量点 (图 2) 进行潮流验证, 结果表明, 8 个水文测量点大、小潮流速、流向模拟所得的流场与实测情况拟合较好, 计算和实测流速值相对误差小于 15% (图 4 和图 5)。

3.4 潮流模拟

3.4.1 控制方程

潮流模拟采用水动力模型 HD 控制方程:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \tag{1}$$
$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{p^2}{h}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{pq}{h}\right)$$

$$\begin{aligned} &+ gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + gp \frac{\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} \\ &- \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] \\ &+ \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) - \Omega_q - fVV_x = 0 \quad (2) \\ &\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} \\ &+ gq \frac{\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) \right] \\ &+ \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) + \Omega_p - fVV_y = 0 \quad (3) \end{aligned}$$

式中： ζ 为水位； h 为水深； p 、 q 分别为 x 、 y 方向上的垂线平均单宽流量； C 为谢才系数， $C = \frac{1}{n}H^{\frac{1}{6}}$ ， n 为糙率系数， $H = h + \zeta$ ， $n = 0.022$ ； g 为重力加速度， $g = 9.81\text{m/s}^2$ ； f 为风应力系数； V 、 V_x 、 V_y 分别为风速及其在 x 、 y 方向的分量； Ω 为柯氏力， $\Omega = 2w\sin\phi$ ， w 为地转角速度， ϕ 为纬度取 29.5° ； p_a 为大气压力； ρ_w 为海水密度； x 、 y 为直角坐标； t 为时间； τ_{xx} 、 τ_{xy} 、 τ_{yy} 分别为剪切应力分量； u 、 v 为水平流速分量。

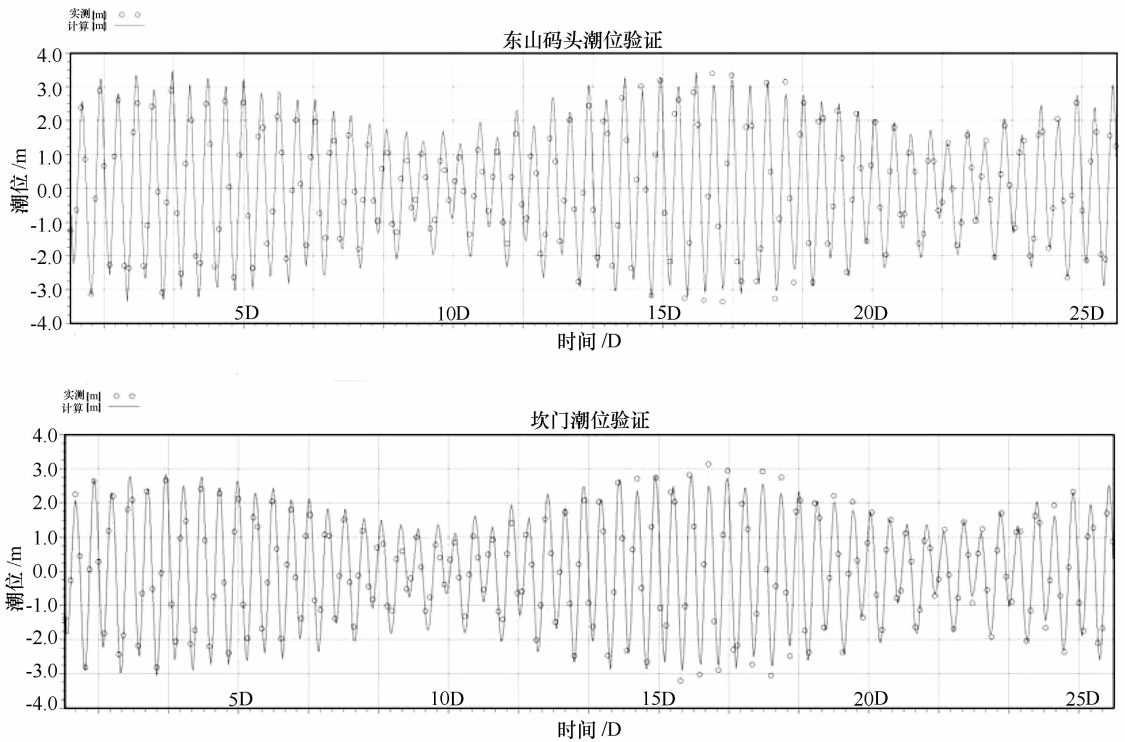


图 3 东山码头站和坎门站一个月的潮位过程曲线

3.4.2 模拟结果

涨潮时，来自洞头洋的涨潮流受鹿西岛的阻挡分成两支，一支进入黄大峡水道；另一支穿过横址山一大岩头之间海峡进入乐清湾。进入乐清湾后，由于岸线的扩张，两支涨潮流汇集到一处而呈扇形展开，大部分转向正北向湾底推进；小部分涨潮流转向西南，穿过沙头水道、大门港，进入瓯江。落潮流的流路大致类似于涨潮流，流向相反。进出乐清湾的潮流明显强于进入瓯江的涨潮流；玉环半岛西侧外至横址山一大岩头之间海域的深水槽涨、落潮流

明显强于其他海区。图 6 和图 7 分别为大潮和小潮涨、落急流矢图。

3.5 混合区面积

《污水海洋处置工程污染控制标准》^[6]，污水海洋处置工程污染物的混合区规定如下：

- (1) 若污水排往开敞海域或面积不小于 600 km^2 （以理论深度基准面为准）的海湾及广阔河口，允许混合区范围： $A_a \leq 3.0\text{ km}^2$ ；
- (2) 若污水排往小于 600 km^2 的海湾，混

合区面积必须小于按以下两种方法计算所得允许值 (A_a) 的小者:

$$A_a = 2\,400 \times (L + 200)$$

式中: L 为扩展器长度, 取 50 m。

$$A_a = \frac{A_0}{200} \times 10^6$$

式中: A_0 为计算至湾口位置的海湾面积, m^2 。

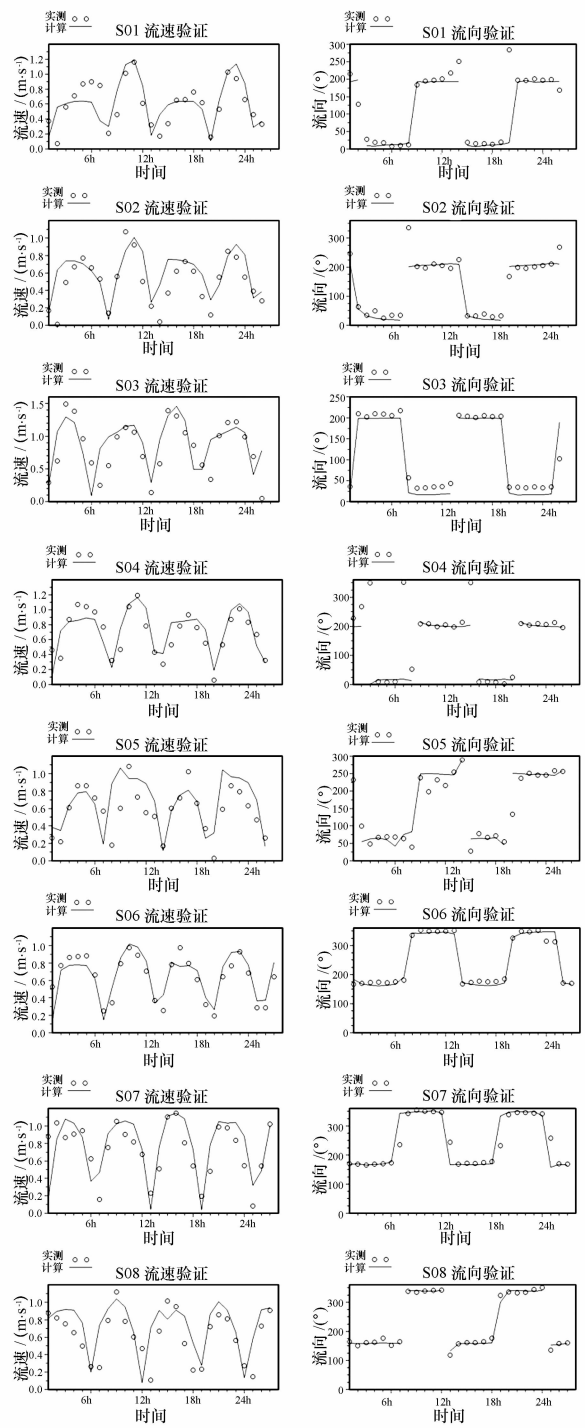


图 4 大潮 S01~S08 潮流验证图

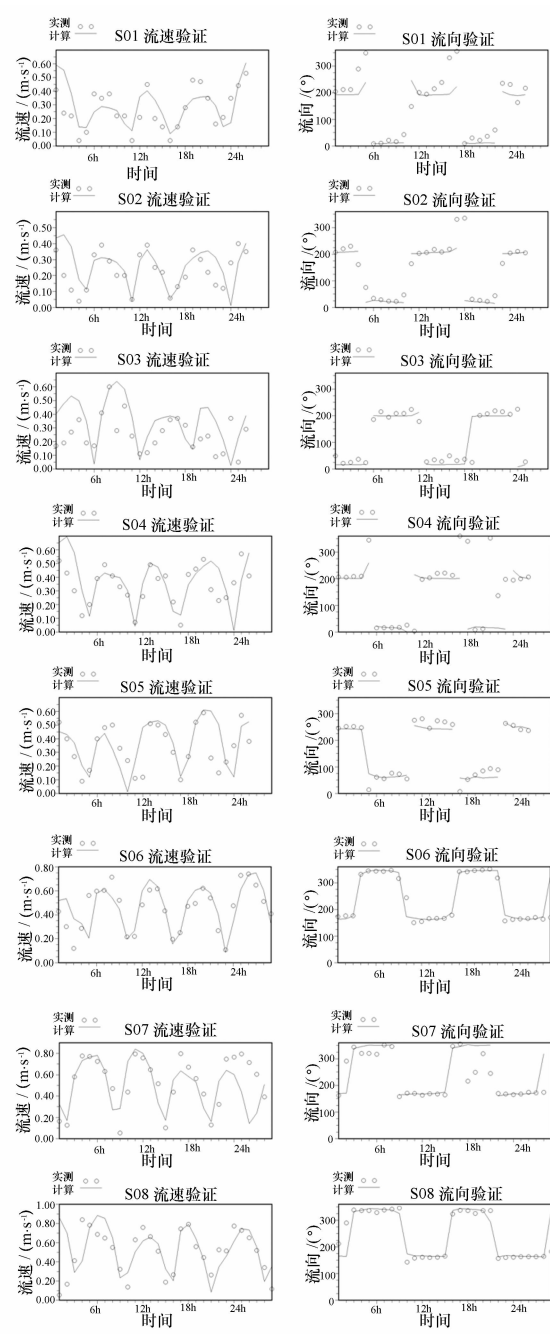


图 5 小潮 S01~S08 潮流验证图

乐清湾岸线以下海湾总面积为 463.6 km^2 , 其中滩涂面积 (岸线至理论深度基准面) 约为 220.8 km^2 , 约占海湾总面积的 48%; 水域面积 (理论深度基准面以下) 约为 242.8 km^2 , 占海域总面积的 52% 左右^[7]。

计算得到允许混合区面积 A_a 为 0.6 km^2 。

3.6 环境目标值

环境目标值是计算环境容量的重要依据, 环境目标值由水环境功能区划确定。根据《浙

江省近岸海域环境功能区划(调整)》,台州港大麦屿港区污水排放口位于《浙江省近岸海域环境功能区划(调整)》中的四类海域功能区(编号为为 D25 III),执行《海水水质标准》(GB3097-1997)中的三类水质标准,化学需氧量的环境目标值为 4 mg/L。

4 结论

4.1 化学需氧量环境影响研究结论

大潮期 72 h 内污水中化学需氧量影响区

域大致为北至乐清湾底,西南至瓯江北口,南至洞头峡,东至鹿西岛以东 15 km 海域,整个乐清湾内的化学需氧量浓度增量在 0.001~0.005 mg/L 之间。其中茅埏岛以北海域(内湾)以及外湾西南部海域化学需氧量浓度增量小于 0.002 mg/L;浓度增量大于 0.002 2 mg/L 的海域基本在北向至江岩岛,南至大岩头作业区前沿的区间内贴岸做南北向往复运动;浓度增量大于 0.003 mg/L 的海域基本只限于排污口附近(图 8)。

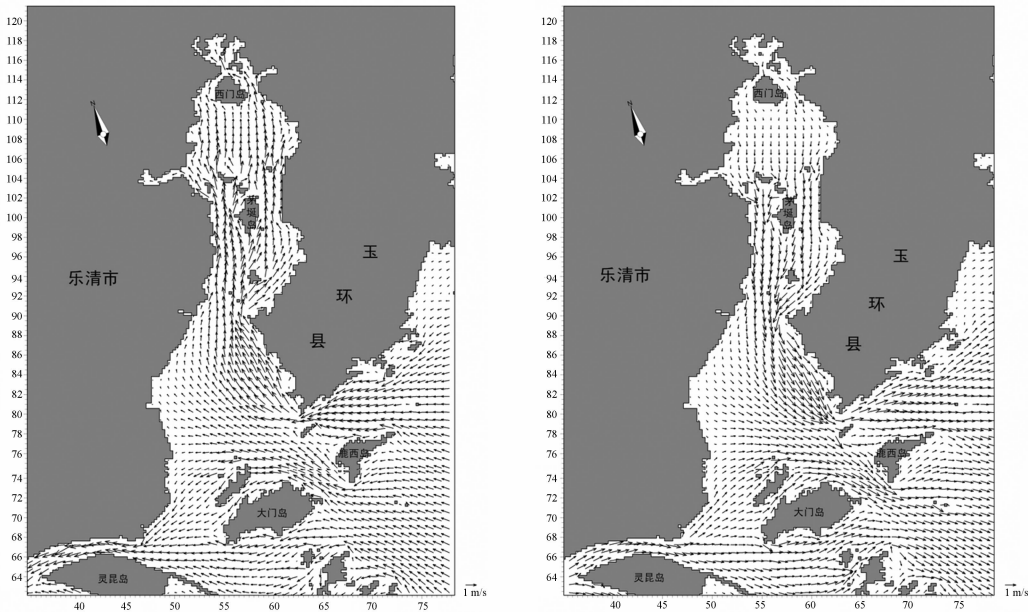


图 6 大潮涨急(左)、落急(右)流矢图(单位: km)

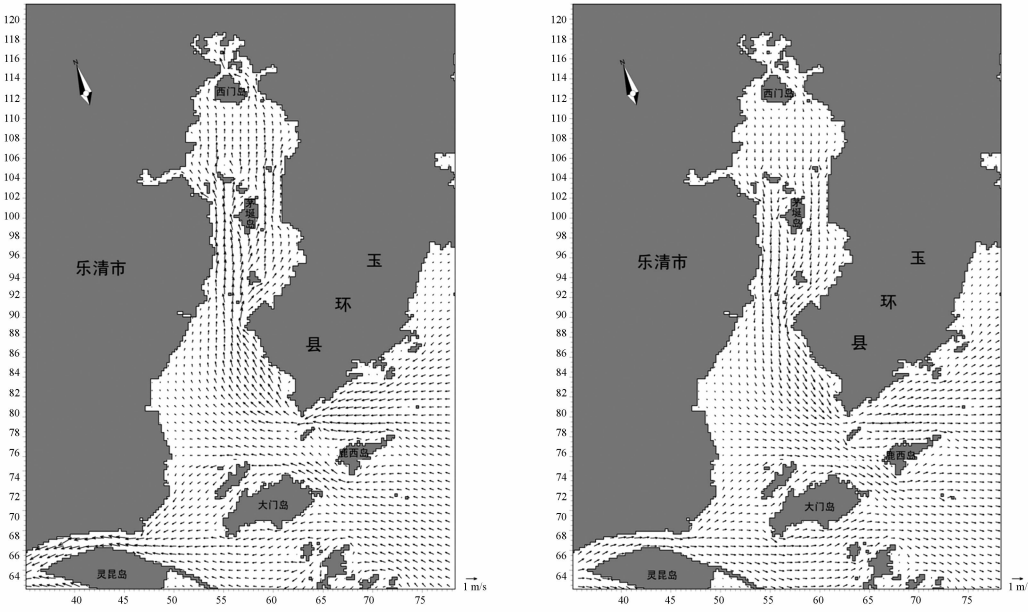


图 7 小潮涨急(左)、落急(右)流矢图(单位: km)

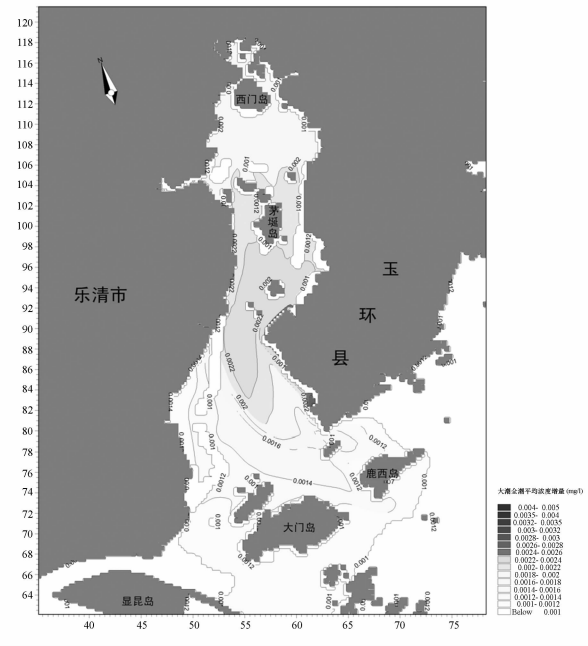


图 8 大潮全潮化学需氧量扩散分布 (单位: km)

小潮期 72 h 内污水中化学需氧量影响区域大致为北至乐清湾底, 西南至瓯江北口, 南至洞头岛西岸, 东至鹿西岛以东 7 km 海域, 整个乐清湾内的污水浓度在 0.001~0.005 mg/L 之间。其中茅埏岛以北海域(内湾)以及外湾西南部海域化学需氧量浓度增量小于 0.002 2 mg/L; 中湾大部分区域浓度增量在 0.002 2~0.002 4 mg/L 之间, 浓度增量大于 0.002 4 mg/L 海域在玉环半岛沿岸北向至江岩岛南向至大岩头的狭长区域; 浓度大于 0.003 mg/L 的污水基本只限于排污口附近(图 9)。

从预测结果可知, 大麦屿港区污水中化学需氧量的排放对乐清湾海水水质影响很小。

4.2 化学需氧量环境容量研究结论

大潮期当污染物浓度 c 值增加至 3.29×10^5 mg/L 时, 小潮期当污染物浓度 c 值增加至 4.00×10^5 mg/L 时, 混合区边界化学需氧量浓度达到环境目标值 4 mg/L。经计算, 大潮期混合区内化学需氧量环境容量为 39.23 t/d, 小潮期混合区内化学需氧量环境容量为 47.69 t/d, 混合区内大小潮平均环境容量为 43.46 t/d。

化学需氧量的排放浓度为 30 mg/L, 平均每天化学需氧量排放量约 0.036 t, 占混合区环境容量的 0.083%。

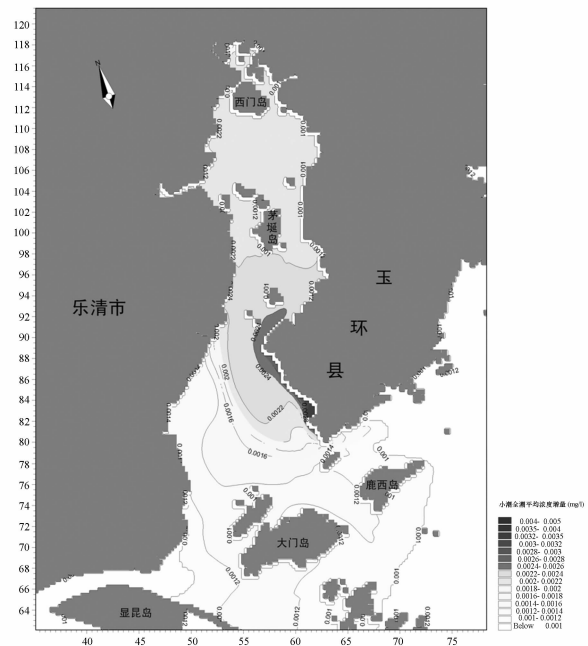


图 9 小潮全潮化学需氧量扩散分布 (单位: km)

从计算结果可知, 大麦屿港区排污口附近混合区内化学需氧量环境容量较大。

参考文献

[1] 黄秀清. 乐清湾海洋环境容量及污染物总量控制研究[M]. 北京:海洋出版社,2011:16—17.

[2] 国峰,张海平,李阳,等. 金山污水排海对纳污海域水质影响的数学模拟[J]. 海洋学研究,2007,25(4):81—85.

[3] 季民,孙志伟,王泽良,等. 纳污海水中 COD 生化降解过程的模拟试验研究[J]. 海洋与湖沼,1999,30(6):731—735.

[4] 谢中宇,李峰. 台州港大麦屿港区规划冲淤、溢油、污染物扩散数值模拟报告[R].

[5] 郑洪波,刘素玲,陈郁,等. 区域规划中纳污海域海洋环境容量计算方法研究[J]. 海洋环境科学,2010,29(1):145—147.

[6] 国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局. GB 18486—2001 污水海洋处置工程污染控制标准[S]. 2001.

[7] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志:第六分册[M]. 北京:海洋出版社,1993.