

一、二维耦合模式在“胶莱运河”中的应用*

王 佳 江毓武 万振文

(厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室 厦门 361005)

提要 运用一、二维耦合模型,考虑季节性风生海流和潮流的作用,对开凿胶莱运河改善渤海水质的效果进行了初步研究。以海水半交换周期和运河的净流量为衡量的主要指标,进行四种运河规模的模拟实验,评估各种开渠规模治污的效益。模拟结果显示,开凿运河后,运河的流向随潮汐过程变化,但能够形成少量由胶州湾向莱州湾的净流量,通过运河的年净流量与运河规模成正比,为渤海海峡年过水量的 1‰—2.5‰。运河规模达到 5000m(宽)×20m(深),海水半交换周期仅缩短 3%。因此,开凿胶莱运河改善渤海水质的效果不明显,渤海污染治理的关键应该是污染源头控制和管理。

关键词 渤海,胶莱运河,耦合模型,半交换周期

中图分类号 X145

渤海是我国唯一的半封闭型内海,海水自净能力弱。渤海接纳沿岸排入的污染物总量远远超出了海水自净能力,水质不断恶化,特别是辽东湾和莱州湾,经常发生赤潮。渤海的水体循环涉及环渤海经济区的发展布局,其污染治理举国关注。最近有种提法是开凿胶莱人工海河,贯通胶莱两湾,形成渤海、黄海之间水体交换,从而增强莱州湾的水交换能力,改善渤海的生态环境。胶莱运河是指穿过山东半岛从胶州湾通向莱州湾的人工运河。根据胶莱人工海河项目的前期预研方案成果(胶莱人工海河项目预研论证组,2008)¹⁾,运河的直线距离约 110km,运河宽度为 100—1000m,深度为 5—10m。

人工运河工程庞大,必须做好充分的论证。本文中运用数值模拟方法,评估开凿胶莱运河对渤海环流和水体半交换周期的影响,为开凿运河提供量化的参考依据。模拟区域覆盖整个渤海和黄海北部,但同时模式又需要分辨百米量级的运河,显然海洋模式中常用的平面二维网格技术难以满足工程需要。

本文中提出了一个一维与二维相耦合的网格技术构想,即:运河采用一维模式,海区采用二维模式,通过一维与二维模式的耦合,模拟运河与海区的海水交换作用。数值实验检验表明该耦合技术是可行、高效的,尤其适合模拟不同宽度的开渠方案设计规划。

Luff 等(1996)认为海水的交换净化是一个指数衰变过程,半交换周期定义为保守物质浓度通过对流扩散稀释为初始浓度一半所需的时间。本文中以渤海海水半交换周期和渤海海峡的过水量为主要指标评估各种开渠治污方案和效益。魏皓等(2002)运用水质模型对渤海水体交换进行了有益的探讨,本文中已有的研究成果为依据,讨论了作者数值模式结果的精确度和不确定性。

1 区域与模型介绍

1.1 计算区域与运河方案

计算区域及地形如图 1 所示,包括渤海和黄海北部海区,范围为 117°6′—127°24′E, 35°30′—41°36′N。

* 国家自然科学基金资助项目,40676066 号;国家高技术研究发展(863)计划资助项目“区域性海洋监测系统项目——子项目海上突发事件应急辅助决策系统”,2008—2011。王 佳,硕士研究生, E-mail: wangjia_123@xmu.edu.cn

通讯作者:万振文,博士,副教授, E-mail: zwan@xmu.edu.cn

收稿日期:2008-01-29,收修稿日期:2008-03-30

1) 胶莱人工海河项目预研论证组,2008. 关于胶莱人工海河项目构想及前期预研工作方案的汇报. <http://www.hycflt.com/JLCanal/ShowArticle.asp?ArticleID=4471>

本文中提出四种运河开凿方案作为参考: 方案 1(宽 1000m、深 10m)、方案 2(宽 1000m、深 20m)、方案 3(宽 5000m、深 10m)、方案 4(宽 5000m、深 20m)。

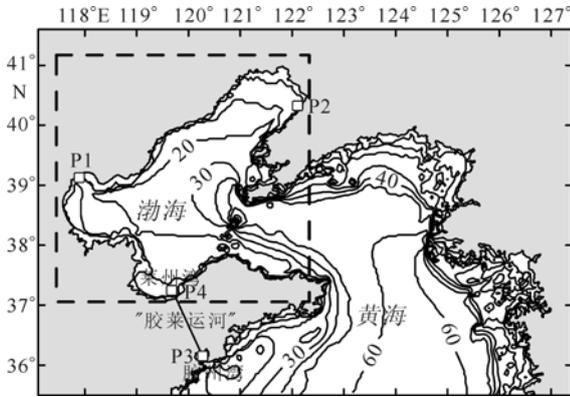


图 1 模拟区域及海底地形(单位: m)

Fig.1 Model region and bottom topography (in meter)

1.2 耦合模式介绍

本文中采用 POM98(Princeton Ocean Model) (Blumberg *et al*, 1987)的二维模态模拟海区, 并与一个模拟运河的一维模式进行耦合, 通过一二维的耦合反映运河和海区的相互作用。二维模式的水平分辨率为 $(1/20)^\circ \times (1/20)^\circ$, 底摩擦系数取 0.001, 最小水深为 5m, 时间步长为 5s; 一维模式的网格间距为 1000m, 底摩擦系数取 0.001, 时间步长为 5s。模型中主要变量的记法如下: 二维的水位记为 $\eta 2d_{i,j}$, 流速记为 $u 2d_{i,j}$, $v 2d_{i,j}$, 浓度记为 $c 2d_{i,j}$; 一维的水位记为 $\eta 1d_i$, 流速记为 $u 1d_i$, 浓度记为 $c 1d_i$ 。网格连接如图 2a、b 所示, 一维开边界处的网格记为 rb 和 re , 与一维连接处的二维网格记为 (rib, rjb) 和 (rie, rje) 。分别上标 $n - 1, n, n + 1$ 表示前、当前和后时间步的计算结果。

一二维模式的耦合主要是对一维与二维网格连接处的处理。诸裕良等(2003)在建立河网海湾水动力联网模型时, 一维模型的下边界即为二维模型的上边界, 一维河网模型与二维模型采用相同的时间步长耦合计算。一维河网与二维海湾模型在河口连接处, 水力因子通过接口断面法传递, 传递遵循连续性原则, 即水位相等与流量相等。由二维模型显式求得接口断面处各网格点的水位 η^{n+1} , 进而得到一维模型下边界断面平均水位 Z^{n+1} ; 由一维模型求得所有河流断面水位及流量 (Z^{n+1}, Q^{n+1}) , 根据接口断面处二维模型各网格点水深大小, 得到二维模型上边界各网格点的流速 U^{n+1} ; 由二维模型求得所有二维网格点的水位

及流速 $(\eta^{n+1}, U^{n+1}, V^{n+1})$ 。张蔚等(2006)根据流量相等由一维模型给二维模型提供流速边界时, 考虑到流速沿河宽分布的特征, 由水流平面图法导出垂线平均流速。本文中的处理方法与诸裕良等(2003)、张蔚等(2006)的方法有所不同, 在一二维连接断面处做了简化处理, 利用一维边界处的流量修正连接处二维网格的水位值, 以保证质量守恒。模式具体的耦合过程如下:

假设运河不存在(图 2 上), 只对海区进行二维模拟, 计算得到 $n+1$ 时刻二维的水位 $(\eta 2 d_{i,j}^{n+1})$ 、流速 $(u 2 d_{i,j}^{n+1}; v 2 d_{i,j}^{n+1})$ 和浓度值 $(c 2 d_{i,j}^{n+1})$ 。

考虑海区对运河的作用(图 2 下), 将二维的计算结果作为一维模式的开边界驱动 $(\eta 1 d_{rb}^n = \eta 2 d_{rib,rjb}^{n+1}; \eta 1 d_{re}^n = \eta 2 d_{rie,rje}^{n+1}; c 1 d_{rb}^n = c 2 d_{rib,rjb}^{n+1}; c 1 d_{re}^n = c 2 d_{rie,rje}^{n+1})$, 计算出的 $n+1$ 时刻一维的水位 $(\eta 1 d_i^{n+1})$ 、流速 $(u 1 d_i^{n+1})$ 和浓度值 $(c 1 d_i^{n+1})$ 。

考虑运河对海区的作用, 为保持总水量的守恒, 一维开边界处网格的流量等于连接处二维网格的水体体积的变化量, 从而修正二维网格的水位 $(\eta 2 d_{rib,rjb}^{n+1}; \eta 2 d_{rie,rje}^{n+1})$ 。为保证物质总量守恒, 一维开边界处网格的物质通量等于连接处二维网格的物质变化量, 从而修正二维网格的浓度 $(c 2 d_{rib,rjb}^{n+1}; c 2 d_{rie,rje}^{n+1})$ 。

2 模型验证

2.1 水位验证

二维模式的开边界设在模拟海区的南边, 由 16

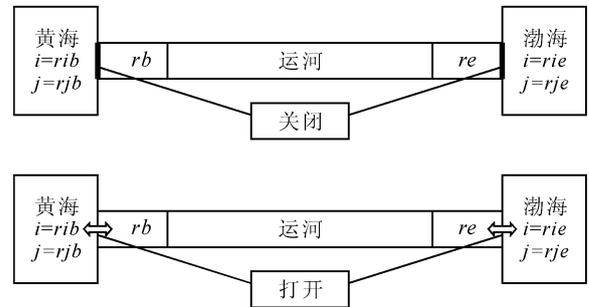


图 2 耦合过程示意图

Fig.2 The schematic diagram of coupling process 上图假设运河不存在; 下图考虑运河与海区的作用

个分潮(M_2 、 K_1 、 O_1 、 S_2 、 $2N_2$ 、 J_1 、 K_2 、 L_2 、 M_1 、 MU_2 、 N_2 、 NU_2 、 OO_1 、 P_1 、 Q_1 、 T_2)调和常数预报所得到的水位作为潮汐驱动。将仅考虑潮汐作用计算得到的水位值与验潮站的观测资料进行比较, 2 个验潮站分别为塘沽(P1)、鲅鱼圈(P2)(图 1), 表 1 为 2005 年 7 月 26—27 日验潮站逐时连续观测的水位值与模型结果的比较, 2 个站点水位计算值与观测值的平均误差为 14.8cm, 平均相对误差为 7%, 模拟结果与实测值吻合较好。模拟误差的一个原因是模式地形不够精密, 而地形与岸线对于水位模拟结果有直接影响。

2.2 环流场模拟

环流作用下, 黄海水通过渤海海峡进入渤海内部, 经过较长时间混合后流出渤海, 这一过程对渤海自净起重要作用。若二维模式中仅考虑潮汐作用, 模拟得到渤海的海水半交换周期约为 20 年, 与加入环流作用的结果相差甚大。Wei 等(2001)模拟研究认为,

风的季节变化决定了渤海大部分海区、特别是海峡附近环流的季节变化, 且渤海环流冬强夏弱。本文只考虑季节性的风海流的作用, 忽略了温、盐造成密度流影响。模式采用 SODA (Carton *et al*, 2000a, b) 1992—2001 年的资料生成的月平均风应力来驱动模式, 在模式开边界处加入环流水位驱动, 环流驱动水位由西北太平洋大区域模式模拟的月平均结果得到。

模式在模拟海区的海流分布时, 不仅考虑了环流作用, 同时加入了潮流的作用(黄大吉等, 1996)。由图 3 可知, 冬季, 黄海北部及辽东湾呈现顺时针环流, 渤海出现一个逆时针环流, 在渤海南部形成一股沿岸流流出渤海; 夏季, 基本与冬季相反, 黄海北部及辽东湾呈现逆时针环流, 渤海形成顺时针环流。这与黄磊等(2002)有关渤海及黄海北部风生海流数值计算结果、Xia 等(2006)、Ma 等(2006)有关黄海夏季环流和冬季暖流的研究结果基本一致。

表 1 水位观测值与模拟结果比较
Tab.1 The comparison of calculated and measured water level

时间 (日/时:分)	观测值(cm)		计算值(cm)		时间 (日/时:分)	观测值(cm)		计算值(cm)	
	塘沽站(P1)	鲅鱼圈站(P2)	塘沽站(P1)	鲅鱼圈站(P2)		塘沽站(P1)	鲅鱼圈站(P2)	塘沽站(P1)	鲅鱼圈站(P2)
26/0:00	221	180	225	204	27/0:00	241	216	234	191
26/1:00	195	118	199	153	27/1:00	196	145	189	137
26/2:00	214	85	202	114	27/2:00	178	93	175	102
26/3:00	272	87	255	95	27/3:00	204	71	200	87
26/4:00	338	127	328	106	27/4:00	265	84	267	103
26/5:00	393	193	379	158	27/5:00	330	134	336	161
26/6:00	422	262	393	221	27/6:00	383	206	381	232
26/7:00	416	317	375	271	27/7:00	409	276	394	297
26/8:00	381	341	347	299	27/8:00	401	331	377	333
26/9:00	328	326	324	284	27/9:00	367	348	350	343
26/10:00	270	280	275	242	27/10:00	320	332	321	311
26/11:00	210	218	209	191	27/11:00	266	288	267	263
26/12:00	156	154	156	153	27/12:00	211	230	208	205
26/13:00	118	101	127	122	27/13:00	166	168	166	156
26/14:00	117	77	131	109	27/14:00	141	125	148	118
26/15:00	—	92	170	119	27/15:00	160	100	166	104
26/16:00	—	151	257	166	27/16:00	219	107	226	110
26/17:00	—	234	346	240	27/17:00	298	156	311	160
26/18:00	414	321	404	324	27/18:00	373	232	386	236
26/19:00	444	385	424	386	27/19:00	424	313	420	313
26/20:00	434	411	417	400	27/20:00	444	366	413	366
26/21:00	399	400	394	370	27/21:00	419	384	396	379
26/22:00	350	355	355	312	27/22:00	381	366	369	350
26/23:00	297	288	301	251	27/23:00	327	320	324	292

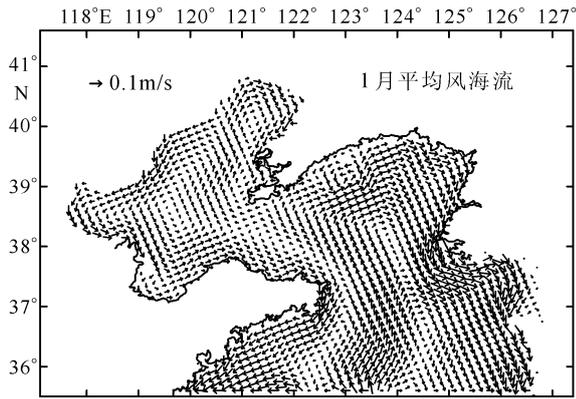


图3 1月平均风海流

Fig.3 The average wind-induced current in January

3 模拟结果

模式采用 Luff 等(1996)的半交换周期概念, 不考虑外源性污染物质的输入和污染物的降解、沉降等物理、生化作用, 仅考虑海水水体交换的物理过程, 计算渤海的自净周期。将渤海(图 1 中虚线框内)的初始浓度赋为 1, 黄海区域的初始浓度赋为 0, 渤海的平均浓度降为 0.5 时需要的时间定义为渤海海水的半交换周期。二维模型的开边界处浓度根据其内邻网格流速的北分量进行判断, 若海水向外流, 浓度等于其内邻点网格的浓度; 反之, 浓度为 0。运河内的初始浓度为 0。模式中考虑了潮流和风生海流作用, 模拟得到现状的渤海海水半交换周期约为 760 天。魏皓等(2002)研究认为, 渤海不同区域的海水半交换周期不同, 其中辽东湾的半交换时间最长为 825 天, 莱州湾的半交换时间最短为 188 天。四种运河方案分别进行自净模拟实验, 表 2 为四种运河方案渤海海水半交换周期的模拟结果。方案 1、方案 2 对渤海的自净能力影响甚微, 海水半交换周期几乎没有变化, 当运河规模增大至 5000m 宽、20m 深时, 海水半交换周期缩短仅为

表 2 现状与四种运河方案的渤海海水半交换周期

Tab.2 The half-life time of different canal sizes

项目	海水半交换周期(d)
现状	759.8
方案 1 (河宽 1000m, 河深 10m)	759.8
方案 2 (河宽 1000m, 河深 20m)	759.8
方案 3 (河宽 5000m, 河深 10m)	752.8
方案 4 (河宽 5000m, 河深 20m)	738.0

21.8 天, 运河规模越大越有利于渤海的自净, 但不足以对渤海治污产生理想效果。

4 分析与讨论

4.1 水平扩散系数的敏感性实验

在模型计算过程中, 水平扩散系数的取值会影响浓度的扩散速度, 可能对模拟结果产生影响。二维模式中的水平扩散系数(A_M)采用 Smgorinsky 公式, 一维模式扩散系数取定常值。

$$A_M = C \Delta x \Delta y \frac{1}{2} |\nabla V + (\nabla V)^T| \quad (1a)$$

$$\nabla V + (\nabla V)^T = [(\frac{\partial u}{\partial x})^2 + (\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y})^2 / 2 + (\frac{\partial v}{\partial y})^2]^{1/2} \quad (1b)$$

二维模式将 C 值分别取为 0.1 和 0.2, 一维的水平扩散分别取 20 和 40 时进行实验, 扩散系数增加一倍, 浓度湍流扩散作用也相应地加倍, 但结果表明, 湍流扩散对本实验结果影响很小, 平流作用对于物质输送起决定作用。

4.2 胶莱运河及胶州湾、莱州湾的水动力分析

左军成等(2008)¹⁾所做的胶莱运河项目初步分析认为, 运河两端具备形成一定时段内稳定、单向水流的基本条件。模拟结果显示运河内会形成较为稳定的单向流, 流向随着潮汐周期在胶州湾和莱州湾之间翻转。由于胶州湾的潮差较大而莱州湾的潮差较小, 运河的胶州湾一侧模拟的最大流速为 0.7m/s, 莱州湾一侧仅为 0.3m/s。胶州湾处于涨潮时, 胶州湾的海水进入运河流向莱州湾, 由于运河较长、流速较小, 进入运河的大部分海水又会随着落潮过程沿原路退回胶州湾。根据胶州湾的潮差(3.5m 左右)比莱州湾的潮差(2m 左右)大得多, 及胶州湾的多年平均海平面也比莱州湾的多年平均海平面高 15cm 的特点, 左军成等(2008)¹⁾提出一个设想: 在胶州湾运河口附近围建大型水库, 设立水闸, 涨潮时开闸纳潮, 落潮时关闸, 实现由胶州湾流向莱州湾的相对稳定的单向流动, 从而形成黄、渤海环山东半岛的“大环流体系”。

开凿“胶莱运河”对于胶州湾及莱州湾的水动力环境会产生一定的影响, 分别在胶州湾和莱州湾河口处设特征点 P3(120°9'E, 36°6'N)和 P4(119°48'E, 37°9'N)(图 1)。将 2005 年 7 月 26—27 日两个特征点的现状模拟水位值与模拟运河开凿后的结果进行比较, 方案 1、方案 2、方案 3 对胶州湾和莱州湾的影

1) 左军成, 杜凌, 李磊等, 2008. “胶莱运河”项目水流动力学条件初步估计(潮汐、环流). <http://www.hycflt.com/JLCanal/ShowArticle.asp?ArticleID=4623>

响较小, 方案 4 的影响较为明显(表 3), 胶州湾的平均潮差减小 70cm, 莱州湾的平均潮差增加 2cm。值得注意的是, 方案 4 可以仅仅是工程规模的一个参考点。

4.3 流量比较

模型统计了渤海海峡断面海水进、出的通量(各约为 $10^{13} \text{m}^3/\text{a}$), 表 4 为各方案下渤海海峡的过水量有不同程度的变化。与现状相比, 运河深 10m(方案 1、

方案 3)进入渤海的水量减少; 运河深 20m(方案 2、方案 4)进入渤海的水量增加, 各种方案下流出渤海的水量都有增加, 且流出的增量大于流入的增量。若将渤海视为一个箱体, 则渤海海峡断面年进、出水量的差视为胶莱运河的年净流总量, 净流方向由胶州湾流向莱州湾, 年净流总量为渤海海峡年过水量的 $1/1000—1/400$ 。运河的净流量分别是: 方案 1 为

表 3 方案 4 特征点 P3、P4 水位的变化
Tab.3 The water level changes of P3 and P4 in the largest canal case

时间 (日/时:分)	现状模拟(cm)		方案 4(cm)		时间 (日/时:分)	现状模拟(cm)		方案 4(cm)	
	胶州湾(P3)	莱州湾(P4)	胶州湾(P3)	莱州湾(P4)		胶州湾(P3)	莱州湾(P4)	胶州湾(P3)	莱州湾(P4)
26/0:00	-11	-46	3	-36	27/0:00	30	-56	41	-46
26/1:00	-74	-18	-54	-17	27/1:00	-37	-34	-20	-26
26/2:00	-129	2	-105	-3	27/2:00	-92	-14	-69	-17
26/3:00	-172	11	-133	-10	27/3:00	-139	-12	-115	-19
26/4:00	-204	3	-156	-11	27/4:00	-176	-20	-137	-38
26/5:00	-230	-22	-168	-28	27/5:00	-203	-35	-159	-46
26/6:00	-222	-49	-175	-53	27/6:00	-217	-53	-168	-61
26/7:00	-151	-70	-130	-78	27/7:00	-179	-67	-164	-71
26/8:00	-59	-85	-57	-89	27/8:00	-107	-77	-100	-85
26/9:00	41	-92	19	-92	27/9:00	-17	-82	-29	-87
26/10:00	113	-81	77	-66	27/10:00	70	-74	36	-73
26/11:00	112	-67	88	-41	27/11:00	110	-55	79	-32
26/12:00	36	-64	36	-46	27/12:00	79	-51	72	-29
26/13:00	-39	-49	-23	-45	27/13:00	6	-46	16	-34
26/14:00	-98	-36	-72	-35	27/14:00	-60	-34	-38	-33
26/15:00	-141	-49	-113	-56	27/15:00	-112	-39	-81	-37
26/16:00	-174	-70	-143	-82	27/16:00	-147	-60	-118	-66
26/17:00	-188	-87	-159	-99	27/17:00	-174	-81	-145	-91
26/18:00	-162	-96	-157	-105	27/18:00	-184	-92	-159	-104
26/19:00	-98	-106	-104	-112	27/19:00	-153	-97	-152	-106
26/20:00	-8	-115	-33	-117	27/20:00	-91	-106	-100	-111
26/21:00	76	-111	33	-110	27/21:00	-9	-108	-33	-111
26/22:00	135	-89	97	-71	27/22:00	64	-93	24	-94
26/23:00	101	-68	84	-50	27/23:00	107	-72	75	-55

表 4 渤海海峡断面海水进出通量的比较
Tab.4 The flux of the Bohai Strait in cases of different canal sizes

项目	渤海海峡断面过水量(m^3/a)			
	进通量($\times 10^{13}$)	增量($\times 10^{10}$)	出通量($\times 10^{13}$)	增量($\times 10^{10}$)
现状	1.796	—	1.795	—
方案 1	1.795	-0.149	1.796	1.898
方案 2	1.796	0.5351	1.797	2.624
方案 3	1.794	-1.097	1.796	1.774
方案 4	1.798	2.017	1.802	7.101

$2.047 \times 10^{10} \text{m}^3/\text{a}$, 方案 2 为 $2.089 \times 10^{10} \text{m}^3/\text{a}$, 方案 3 为 $2.871 \times 10^{10} \text{m}^3/\text{a}$, 方案 4 为 $5.084 \times 10^{10} \text{m}^3/\text{a}$ 。

与海水半交换周期的结果相对应, 方案 1、方案 2 的净流量较小, 海水半交换周期无变化; 方案 4 的净流量比方案 1 增加 1.5 倍, 海水半交换周期缩短 2.9%。开凿运河后, 由渤海海峡流出的水量会多于流入的水量, 形成由胶州湾流向莱州湾的净流量, 但运河随着潮汐过程产生往复流, 通过运河形成的净流量很少, 对改善渤海水质的作用不明显。

5 结语

本文中运用一、二维耦合模式, 考虑季节性风生海流和潮流的作用, 模拟计算渤海海峡过水量及渤海自净周期的变化, 并分析开凿胶莱运河对运河、胶州湾及莱州湾的水动力条件的影响。模拟结果表明, 胶莱运河开通后, 运河内的流向不稳定, 但能够形成的净流的方向是由胶州湾流向莱州湾, 年净流量仅为渤海海峡年过水量的 $1/1000$ — $1/400$, 渤海海水的半交换周期缩短不到 3%。由于不能形成稳定的单向流, 如此大规模的运河也难以达到理想的效果。若增加人工调控, 实现由胶州湾向莱州湾的稳定单向流, 对增加通过运河的环流量有一定的积极的作用, 但增加的幅度及影响需要进一步的模拟和论证。需要指出工程措施对于改善渤海水质会有一定的积极作用, 但渤海治污的关键是减少污染物的排放。本文目前仅是二维的风生环流模拟结果, 下一步需要设计更加精密的数值试验, 计算机的计算量要大得多。

参 考 文 献

- 张 蔚, 严以新, 郑金海等, 2006. 珠江河网与河口一、二维水沙嵌套数学模型研究. 泥沙研究, 12(6): 11—17
- 诸裕良, 严以新, 李瑞杰, 2003. 河网海湾水动力联网数学模型. 水科学进展, 14(2): 131—135
- 黄 磊, 娄安刚, 王学昌等, 2002. 渤海及黄海北部的风海流数值计算及余流计算. 青岛海洋大学学报, 32(5): 695—700
- 黄大吉, 陈宗镛, 苏纪兰, 1996. 三维陆架海模式在渤海中的应用——潮流、风生环流及其相互作用. 海洋学报, 18(5): 1—13
- 魏 皓, 田 恬, 周 锋等, 2002. 渤海水交换的数值研究——水质模型对半交换时间的模拟. 青岛海洋大学学报, 32(4): 519—525
- Blumberg A F, Mellor G L, 1987. A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model. Three-Dimensional Coastal Ocean Models, Vol.4. Washington, D.C.: American Geophysical Union, 1—16
- Carton J A, Chepurin G A, Cao X *et al*, 2000a. A simple ocean data assimilation analysis of the global upper ocean 1950—1995. Part 1: methodology. J Phys Oceanogr, 30: 294—309
- Carton J A, Chepurin G A, Cao X, 2000b. A simple ocean data assimilation analysis of the global upper ocean 1950—1995. Part 2: results. J Phys Oceanogr, 30: 311—326
- Luff R, Pohlmann T, 1996. Calculation of water exchange times in the ICES-boxes with a eulerian dispersion model using a half-life time approach. Dtsch Hydrogr Z, 47(4): 287—299
- Ma J, Qiao F, Xia C *et al* 2006. Effects of the Yellow Sea Warm Current on the winter temperature distribution in a numerical model. J Geophys Res, 111: C11S04, doi:10.1029/2005JC003171
- Wei H, Wu J P, Pohlmann Thomas, 2001. A simulation on the seasonal variation of the circulation and transport in the Bohai Sea. Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas, 19(2): 1—9
- Xia C, Qiao F, Yang Y *et al*, 2006. Three-dimensional structure of the summertime circulation in the Yellow Sea from a wave-tide-circulation coupled model. J Geophys Res, 111: C11S03, doi: 10.1029/2005JC003218

NUMERICAL SIMULATION ON THE JIAOLAI CANAL WITH A 1-D AND 2-D COUPLING MODEL

WANG Jia, JIANG Yu-Wu, WAN Zhen-Wen

(*State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Xiamen University, Xiamen, 361005*)

Abstract In consideration of tide and seasonal sea surface wind, numerical simulation in 1-D and 2-D grid was performed on water exchange via the Jiaolai Canal, a proposed canal that would cut through Shandong Peninsula and link directly the Laizhou Bay and the Jiaozhou Bay, for solving the pollution problem in the Laizhou Bay. Two indexes were used to evaluate the water exchange capacity, the half-life time of the Bohai Sea water in canal and the net flux of canal, in four canal sizes. The result shows that due to tide effect, the flow direction in the canal would flow back and forth; and only a little net flux could go through the canal, which accounts for only 1‰—2.5‰ of the flux of the Bohai Strait. The half-life time of the Bohai Sea would be shortened for about 3% in the case of the largest canal size at 5000m (width) × 20m(depth). Therefore, the creation of the Jiaolai Canal would not be able to solve the pollution; instead, controlling pollution source is strongly suggested.

Key words Bohai Sea, Jiaolai Canal, Coupling model, Half-life time