

东海混浊海域悬沙浓度的三维数值模拟 及与观测的比较*

王 凯¹ 卢昕晖^{1,2} 施心慧³

(1. 中国科学院海洋研究所 青岛 266071; 2. 中国科学院研究生院 北京 100039;

3. 中国海洋大学数学科学学院 青岛 266100)

提要 借助 ECOMSED 模式进行了东海混浊水海域三维悬浮泥沙运输的数值模拟, 其中水动力模拟中考虑了潮汐, 海流(包括黑潮, 长江径流等)及风场的作用, 运输模型中考虑了粘性泥沙的絮凝、粘性和非粘性泥沙的再悬浮等过程。另外, 在沉积运输模式中, 增加了波浪的作用, 使沉积运输模拟更完善, 并与 2006 年 8 月份在长江口外海域获得的走航断面及定点悬浮泥沙垂向剖面的观测资料进行了比较。模拟的年均悬沙浓度结果显示, 悬沙浓度在水平分布上由近岸向外海浓度降低, 123°E 以东浓度低于 10 mg/L。泥沙高值区分布在长江口及杭州湾海域。模拟获得的垂向浓度剖面与观测结果吻合良好, 基本实现对长江口外海域悬沙浓度三维分布的数值模拟。

关键词 东海, 混浊海域, 三维数值模拟, 沉积运输, 泥沙浓度分布

中图分类号 P737

大面积的混浊水海域是我国海洋环境的重要特征。长江作为我国第一大河, 每年向东海输送 9000 亿 m³ 左右的淡水和 4.6 亿 t 的泥沙, 并在河口海域形成大面积的混浊水域, 影响着东海的海洋环境。在海流、风浪、河口淡水与海水的混合等作用下, 泥沙运动规律极其复杂。开展长江口泥沙的运输特征研究、揭示其变化规律, 增进人们对东海的海洋环境的了解, 加深人们对海洋环境变化规律的认识都将是十分重要而有现实意义的工作。近几十年来诸多专家学者对长江口的泥沙运输展开研究, 如杨作升等(1983, 1992)、Milliman 等(1985a,b, 1989)、沈焕庭等(1986)、高抒等(1999)、李占海等(2006)基于观测资料对长江口海域悬沙分布特征和运输规律做过研究。随着计算技术的发展, 利用数学模型开展悬沙运输规律研究越来越受到人们的重视。董礼先等(1989)模拟了潮流场与沉积物搬运的关系, Yanagi 等(1996)利用数学模型对东海悬沙分布的季节变化进行数值模拟, 史峰岩等(2000)基于修正的 ECOM 模型对长江口海

域的潮流、潮余流和物质运输进行了模拟研究, 丁平兴等(2003)提出了一种波流共同作用下的全沙及河床演变数值模型, 朱建荣等(2004)应用水动力-泥沙运输耦合模型, 探讨理想河口最大浑浊带形成的动力机制, Choi 等(2005)对黄、东海悬沙浓度分布的模拟与 1980—1981 年中美长江口的调查资料做了对比, 王海龙等(2009)利用实际的风场和地形等条件, 基于一个浪流耦合模型提供的动力场驱动一个悬沙输送模型, 研究了黄河入海泥沙在渤海中悬浮运输的季节变化特征。本文中作者将借助 ECOMSED 三维水动力-沉积运输模型, 考虑潮流和月平均风场的作用, 模拟长江口外海域悬浮泥沙浓度的分布和变化情况, 并与 2006 年 8 月的海试实测资料进行了比较, 获得与观测一致的结果。

1 模型配置及观测资料

ECOMSED 模式是由 20 世纪 80 年代中后期根据河口、陆架和海洋模式 (ECOM) 发展而来的

* 国家自然科学基金项目, 40576017 号; 国家重点基础研究发展规划(973)项目子课题, 2007CB411804 号。王 凯, 研究员, E-mail: kwang@qdio.ac.cn

收稿日期: 2010-04-01, 收修改稿日期: 2011-03-08

(HydroQual, 2002)。ECOM 模块使用准静力近似和 Boussinesq 近似, 采用自由海面的海洋三维原始方程组。垂向使用 sigma 坐标, 以便于更好地拟合出实际海域的海底地形; 水平方向采用 Arakawa C 网格, 并可适用于正交曲线网格系统, 以利于更好地刻画实际海域的岸形情况。垂向湍粘性系数采用 Mellor 等 (1982) 的湍封闭参数化计算方案, 水平扩散系数基于 Smagorinsky(1963)参数化计算方案。该模式可适用于海湾、河口、近岸海区等浅水海域以及水库和湖泊水动力模拟。SED 模块是泥沙输运模块, 可描述粘性泥沙和非粘性泥沙的沉积、输运及再悬浮过程, 其中粘性泥沙的沉降过程考虑了絮凝作用, 非粘性泥沙的输运、沉积及再悬浮过程使用的是 van Rijn(1984)提出的方案。模拟过程启用海浪模块, 使底剪切应力的计算更能符合近岸浅水区的实际物理过程, 从而使沉积输运的模拟更接近实际状况。

由于海流和海浪引起的底床剪切应力对于计算沉积物的再悬浮和沉降通量至关重要(Fredsoe *et al.*, 1991), 这就要求在前期建立的风生-潮流(包括黑潮等出入流)水动力系统时, 需要增加有关波浪模拟的模块, 以便于模拟在风海流-潮流(包括黑潮等)-海浪共同作用下的悬浮泥沙输运结果, 并与 06 海试观测结果的悬沙浓度分布结果作比较。下面给出在有波流共同作用条件下, 底应力的计算方案。

水动力模式可给出近底层流速 U 、流向 ϕ 以及水深 h 。波浪模式可给出有效波高 H_s 、周期 T 和浪向 θ 。利用线性波理论, 把波参数(H_s 和 T)转变为近海床的质点运动峰速度(U_p)和峰振幅(A_p):

$$U_p = \frac{\pi H_s}{T \sinh\left(2\pi \frac{h}{L}\right)} \tag{1}$$

$$A_p = \frac{H_s}{2 \sinh\left(2\pi \frac{h}{L}\right)} \tag{2}$$

这里波长 L 由下式给出:

$$L = C_0 T \tag{3}$$

浅水波波速 C_0 为:

$$C_0 = \sqrt{gh} \tag{4}$$

其中 g 为重力加速度。

接着使用 Grant-Madsen 的波流相互作用模型(Grant *et al.*, 1979; Glenn *et al.*, 1987)计算由海流和波浪共同作用引起的底剪切应力。这时输入的参量如下:

U =近底层流速

$\Phi = \theta - \theta_0$, 波向和流向之差

U_p =近底床质点运动速度峰值

A_p =近底床质点运动振幅峰值

Z_0 =有效的海底粗糙高度

由波流相互作用模型可得出底剪切速度(U_*)。于是底床剪切应力(τ_b)按下式计算:

$$\tau_b = \rho u_*^2 \tag{5}$$

这里 ρ 为海水的密度。

已有的研究表明, 海浪可以显著地增大浅水区域的底床剪切应力(van Rijn, 1993)。波致流的物理机制已被包含在本文建立的海流计算框架中, 将能更好地反映出近岸浅水区的泥沙再悬浮及沉降的物理过程, 使在这些区域的沉积输运模拟更接近实际状况。

计算区域范围为 119°—125°E, 25°—34 °N 的东海海域(图 1a)。水平网格分辨率 3'×3', 垂向分为 11 层。计算中考虑了 M_2 、 S_2 、 K_1 、 O_1 共 4 个主要分潮。计算网格点的水深由航保部出版的东海海区舟山岛附近海图人工读取。海面风场采用 HELLERMAN 等(1983)月平均风场, 提供悬沙浓度长期计算的风场条件。模拟区域的底质粒径等资料参考海洋图集编委会(1990)出版的渤海、黄海、东海海洋图集地质地球物理卷。受 CFL 条件限制, 确定的模拟时间步长为 180s。模拟采用诊断计算, 温、盐设为常数。模拟中考虑了台湾以东的黑潮(29Sv, 1Sv=10⁶m³/s,下同)及长江径流(0.09Sv)等出入流的情况, 模式在有风海流-潮流(包括黑潮, 长江径流等)的环境下运行, 有关模型的水动力部分结果详见王凯等(2009)。

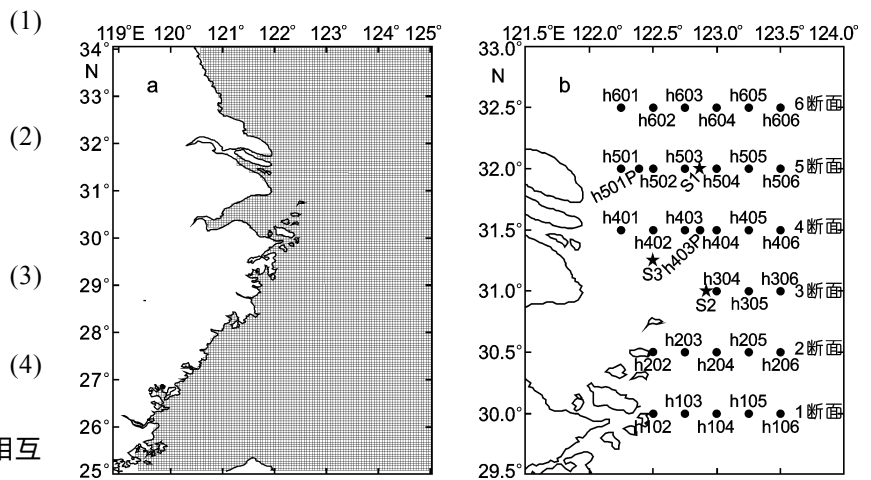


图 1 计算网格(a)及 06 海试观测站位(b)

Fig.1 (a) Computational grid of research area; (b) A map of the sampling stations in August 2006

2006年8月1—8日,中国科学院海洋研究所使用“科学三号”海洋调查船在长江口外东海域进行海洋综合调查(以下简称06海试),海试期间天气以晴好为主,多为1级海况。调查范围南起30°N,北至32°30'N,西起122°15'E,东至123°30'E,共设置5个纬度断面进行走航观测,其中1号断面在30°N,2号断面在30°30'N,纬度每间隔30'设一断面,依次类推,6号断面在32°30'N。每个断面在经度方向每间隔15'设一站点,扣除落在岛屿及军事管制区内的站点,共在33(h102—h606)个测站进行了悬沙浓度剖面的观测,另在S1站(122°51.881'E, 32°0.187'N), S2站(122°54.972'E, 31°0.099'N), S3站(122°29.932'E, 31°15.261'N)三个定点站进行了25h连续观测,其中每3h进行一次悬沙浓度剖面观测。在S1, S3站分别进行了9次浓度剖面观测, S2站最后只获得8条垂向浓度剖面观测数据,三个站共获得26个剖面浓度观测数据。图1b给出了调查站位分布。

2006年8月的海试观测总共获得59个悬沙浓度垂向剖面数据,每一个剖面同时采用了两种办法获得混浊水浓度信息,一种是用ALEC公司的AAQ1183水质检测仪上的浊度仪探头获得高分辨率的浊度垂向剖面信息,但浊度仪探头给出的混浊水浓度值不是以mg/L为单位的。为了能将这一信息转换为以mg/L为单位的浓度观测值,采用常规悬沙浓度调查规范的做法,按标准层采水,经滤纸过滤,上岸后由实验室处理出以mg/L为标准层悬沙浓度值。由于在同一地点用两种方式获得的悬沙浓度应具有一致性,通过比对浊度仪探头在标准层处的数值与实验室称量出的悬沙浓度结果,可以把浊度仪的数据都转换为以mg/L为单位的悬沙浓度值。经此方法可以获得以mg/L为单位的垂向1m间隔的高分辨率悬沙浓度观测数据,这样获得的观测不仅可以加深对垂向悬沙浓度分布规律的认识,同时为校验悬沙浓度垂向数值模拟结果提供了大量的第一手数据。

2 沉积输运结果的验证与分析

2.1 年均悬沙浓度分布

图2给出了模拟所得年均底层悬沙浓度(包含粘性泥沙和非粘性泥沙)的分布结果。从图2中可以看出模拟结果基本上再现了长江口外海域的悬沙浓度分布情况。悬浮泥沙浓度自近岸向外海降低,以123°E为界分为东、西两部分,西部浓度高东部浓度低,苏北沿岸附近浓度锋面距岸约有120km,长江口

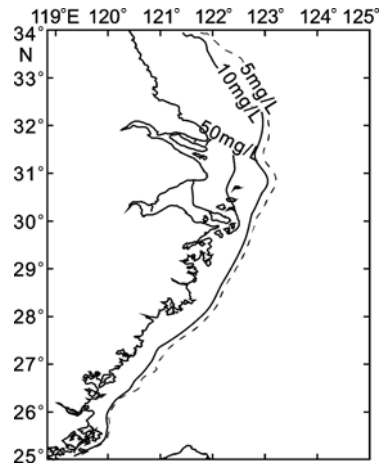


图2 模拟所得底层悬沙浓度年平均分布图

Fig.2 Annual mean suspended sediment concentration in bottom layer based on model calculations

外123°E以东浓度一般不超过10mg/L,终年悬浮泥沙高值区见于河口区,一般超过300mg/L,以长江口、杭州湾悬浮泥沙浓度最高,闽浙沿岸的浓度等值线走向基本与岸线平行,锋面距岸大约60—70km;以30°N为界分南、北两部分,东海北部悬浮泥沙浓度高于陆架南部。悬浮泥沙浓度随时间的变化,河口近岸区远大于陆架区。总体看来长江入海泥沙主要向东南平流运移,苏北沿岸、长江口、杭州湾以及闽浙沿海分布着连续的浑水带,其中苏北沿岸、闽浙沿海的浑水带主要是靠泥沙的再悬浮作用和沿岸水流所携带的泥沙所致。而长江口处的浑水带主要是靠长江入海泥沙沉积。在123°E附近形成锋面主要有两个因素,一是水动力因素,长江口附近海域主要受到半日潮控制,较强的潮流多出现于123°E以西的河口区;二是泥沙自身特性,粘性泥沙在浓度大的时候更容易发生絮凝现象,一旦发生絮凝,其沉降速度成倍增长,更容易沉积,而非粘性泥沙颗粒较大,也比较容易沉积,所以在长江口附近的水流作用下,其挟沙能力只能将主要泥沙携带至123°E附近。

2.2 与06海试断面悬沙浓度垂向剖面观测的比较

从三维悬沙浓度模拟结果中读取与06海试各断面站位相同时刻的垂向浓度剖面数据,可获得在走航断面站位垂向浓度剖面模拟结果与观测的比较图(图3、图4)。由于实际海域悬沙浓度输运的复杂性,还不能期望本文的初步模拟工作能与观测完全吻合,但从图3、图4中已可看出模拟剖面浓度结果与观测两者的走势已具有一致性,而且两者的量级相同,表明模式具有刻画东海垂向悬沙浓度剖面的能力。

为了能刻画出垂向悬沙浓度剖面模拟结果与观测的拟合程度,作者统计两者的拟合接近程度百分比。设 $\{X_1^{obs}, X_2^{obs}, \dots, X_N^{obs}\}$ 为 N 个观测值,对应的 $\{X_1, X_2, \dots, X_N\}$ 为模拟值,则拟合程度百分比(POA)由下式计算:

$$POA = \left[1 - \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - X_i^{obs})^2}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i^{obs})^2} \right] \times 100$$

表 1 给出了模拟结果与 06 海试断面站位垂向浓度剖面观测的比较。

2.3 与 06 海试定点观测悬沙垂向浓度剖面的比较

如果模拟的年平均悬沙浓度分布结果代表了悬沙运输模式长时间模拟的性能, 与 06 海试断面观测的比较表明模式在一定范围内大面浓度分布的模拟能力, 那么与 06 海试的定点观测的比较将揭示出模拟的垂向浓度剖面在短时间内(如 1 天的时间尺度上)的变化情况与实际的接近程度。图 5 给出了模拟垂向浓度剖面与 06 海试在三个定点的观测比较。表 2 给

出了模拟所得结果在 06 海试三个定点测站的垂向浓度剖面与观测数据的比较。从图 5 中可以看出, 垂向悬沙浓度剖面随潮流涨落的摆动情况, 模拟与观测结果在一定程度上表现出较好的一致性, 反映出初步构建的水动力—沉积输运模型在刻画垂向悬沙浓度剖面方面的模拟能力, 经过进一步的改进和完善, 有望实现对长江口外混浊水海域的三维悬沙浓度的模拟, 为下一步悬沙浓度分布的初步预测打下基础。

3 结语

本文构建了长江口外海域三维悬浮泥沙运输数值模型, 并与 2006 年 8 月份的实测资料进行了比较, 所得结果适用于模拟长江口外东海海域的水动力和泥沙运输状况。本文的模拟结果基本反映出泥沙在长

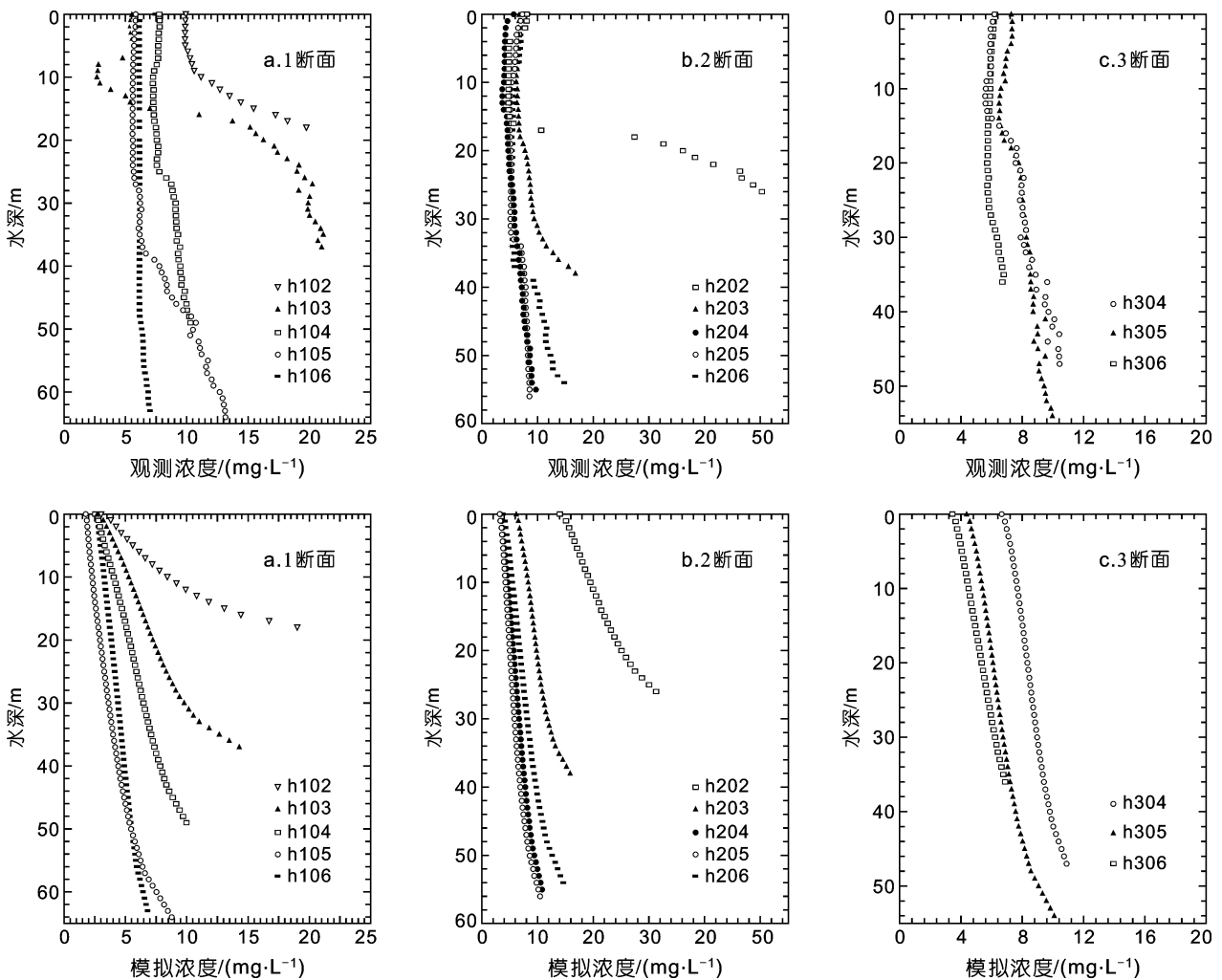


图 3 06 海试断面观测与模拟垂向浓度剖面的比较(1—3 断面)

Fig.3 A comparison of calculated profiles of suspended sediment concentration with measured sections during August 2006 (Section 1—3)

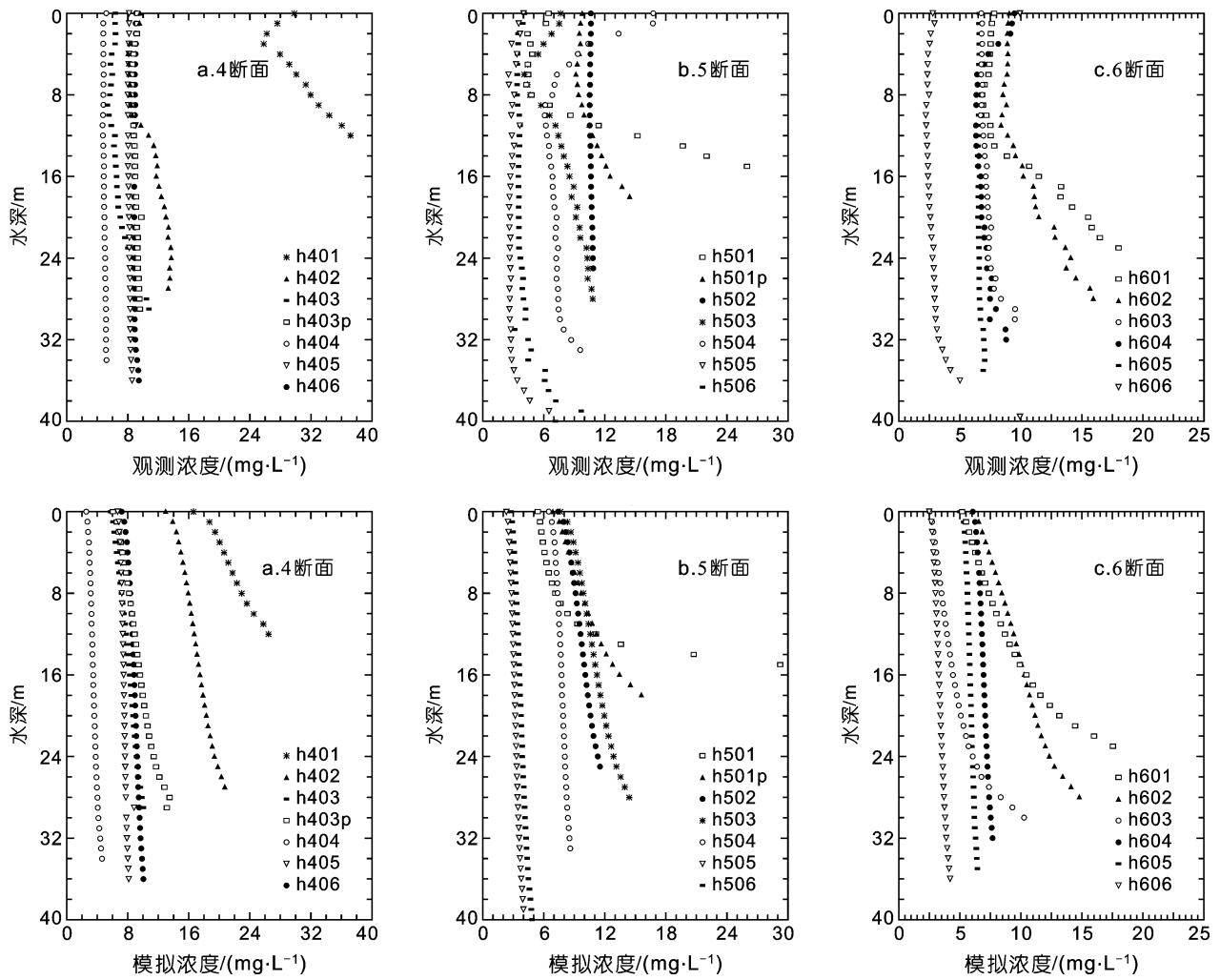


图4 06海试断面观测与模拟垂向浓度剖面的比较(4—6断面)

Fig.4 A comparison of calculated profiles of suspended sediment concentration with measured sections during August 2006(Section 4—6)

表1 模拟结果与06海试断面站位垂向浓度剖面观测的比较

Tab.1 Differences of concentration profiles between the calculated results and measured ones along the sections during August 2006

站号	绝对均差(mg/L)	拟合百分比(%)	站号	绝对均差(mg/L)	拟合百分比(%)
h102	3.666	90.7	h404	1.441	91.2
h103	5.157	75.4	h405	0.736	99.2
h104	2.497	89.4	h406	0.636	99.4
h105	3.340	79.1	h501	1.768	95.7
h106	1.900	89.6	h501P	1.021	98.9
h202	12.843	68.0	h502	1.244	98.2
h203	1.843	95.5	h503	3.091	83.4
h204	1.124	98.0	h504	2.438	88.3
h205	1.164	96.2	h505	0.830	94.3
h206	1.758	94.9	h506	0.573	93.7
h304	0.969	98.2	h601	1.136	98.3
h305	1.320	96.7	h602	0.982	98.7
h306	0.957	96.1	h603	2.572	85.8
h401	8.971	91.4	h604	0.867	97.9
h402	6.055	69.2	h605	0.750	98.6
h403	1.209	96.7	h606	0.690	93.9
h403P	1.701	95.6			

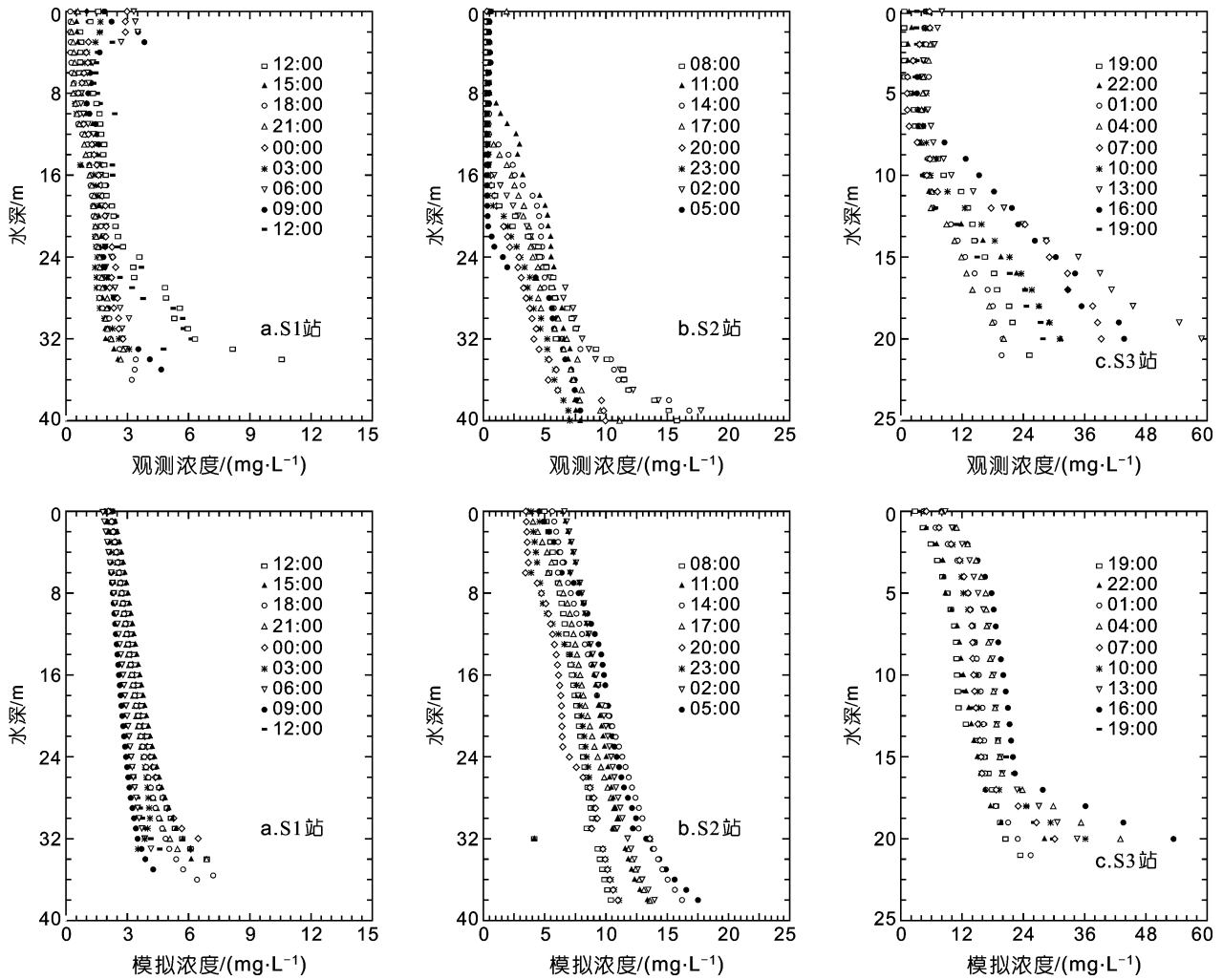


图 5 06 海试定点观测垂向浓度剖面与模拟的比较图(a.S1 站; b. S2 站; c. S3 站)

Fig.5 A comparison of calculated profiles of suspended sediment concentration with anchored stations during August 2006 (a)Station S1 (b)Station S2 (c)Station S3

表 2 模拟结果与 06 海试定点站位垂向浓度剖面观测的比较

Tab.2 Differences of concentration profiles between the calculated results and measured ones of anchored stations during August 2006

观测序号	S1 站		S2 站		S3 站	
	绝对均差(mg/L)	拟合百分比(%)	绝对均差(mg/L)	拟合百分比(%)	绝对均差(mg/L)	拟合百分比(%)
1	1.221	92.8	3.741	62.1	2.839	93.5
2	1.260	65.3	4.719	22.2	5.362	86.1
3	0.313	98.8	3.778	74.8	3.888	87.1
4	0.248	99.0	3.779	55.9	6.250	72.5
5	1.786	83.0	2.819	64.4	9.374	78.1
6	2.371	78.9	2.101	92	7.457	84.6
7	2.952	69.9	3.620	77.9	8.771	83.8
8	1.066	90.6	4.415	53.6	5.952	92.5
9	3.864	49.2			1.539	98.0

江口外分布的规律: 悬浮泥沙浓度自海岸向外海降低, 在长江口外以 123°E 为界分为东、西两部分, 西部浓度高东部浓度低。浓度锋面在苏北沿岸一带距岸

大约 120 km, 长江口外 123°E 以东浓度一般不超过 10 mg/L。终年悬浮泥沙高值区见于河口区, 通常浓度最大值超过 300 mg/L, 而且浓度最高值多出现在

长江口、杭州湾等处。闽浙沿海的浓度等值线走向基本与岸线平行,锋面距岸大约70 km。以30°N为界分南、北两部分,北部悬浮泥沙浓度高于南部。悬沙浓度的变化与水位、流速有一定相关性,随涨落潮流呈现周期性变化。悬沙浓度的峰值一般都滞后于流速峰值,即在流速达到峰值后悬沙浓度才达到最大值。

本文的计算结果虽然在一定程度上与实测符合良好,但尚有部分海域(如钱塘江口,闽江口等处)的模拟与实际有些出入,需要在模拟中引入这些河口的径流量并配合在这些河口的观测悬沙浓度资料。另外模拟所用的中值粒径等海底地质资料的分辨率比较低,是经过内插匹配到高分辨率的计算网格上的,最好能收集到与计算网格相匹配的高分辨率的海底地质资料。同时,在进行2006年8月海试时段的模拟时,由于海试期间天气条件晴好为主,风力不大,模拟中风场资料使用气候态的月平均风场最好也能用比较接近实际的风场资料(如QuickSCAT风场资料等)。

参 考 文 献

- 丁平兴, 胡克林, 孔亚珍等, 2003. 长江河口波-流共同作用下的全沙数值模拟. 海洋学报, 25(5): 113—124
- 王 凯, 刘咪咪, 施心慧, 2009. 长江口外海域三维水动力模拟结果及与观测的比较. 海洋科学集刊, 49: 19—28
- 王海龙, 李国胜, 2009. 黄河入海泥沙在渤海中悬移输送季节变化的数值研究. 海洋与湖沼, 40(2): 129—137
- 史峰岩, 朱首贤, 朱建荣等, 2000. 杭州湾、长江口余流及其物质运输作用的模拟研究. I. 杭州湾、长江口三位联合模型. 海洋学报, 22(5): 1—12
- 朱建荣, 傅德健等, 2004. 河口最大浑浊带形成的动力模式和数值试验. 海洋工程, 22(1): 66—73
- 李占海, 高 抒, 沈焕庭, 2006. 金塘水道的悬沙输运和再悬浮作用特征. 泥沙研究, 3: 55—62
- 海洋图集编委会, 1990. 渤海黄海东海海洋图集(地质地球物理). 北京: 海洋出版社, 1—100
- 沈焕庭, 李九发, 朱慧芳, 1986. 长江河口悬沙输移特性. 泥沙研究, 1: 1—13
- 杨作升, 米利曼 J D, 1983. 长江入海沉积物的输送及其入海后的运移. 山东海洋学院学报, 13(3): 1—11
- 杨作升, 郭志刚, 王兆祥等, 1992. 黄东海陆架悬浮体向其东部深海区输送的宏观格局. 海洋学报, 14(2): 81—90
- 高 抒, 程 鹏, 汪亚平等, 1999. 长江口外海域1998年夏季悬沙浓度特征. 海洋通报, 18(6): 44—50
- 董礼先, 苏纪兰, 王康增, 1989. 黄渤海潮流场及其与沉积物搬运的关系. 海洋学报, 11(1): 102—114
- Choi B H, Mun J Y, Ko J S *et al*, 2005. Simulation of suspended sediment in the Yellow and East China Seas. China Ocean Engineering, 19(2): 235—250
- Fredsoe J R Deigaard, 1991. Mechanics of coastal sediment transport. World Scientific, River Edge, N J, USA, 1—377
- Glenn S M, Grant W D, 1987. A suspended sediment stratification correction for combined waves and current flows. J Geophys Res, 92(C8): 8244—8264
- Grant W D, Madsen OS, 1979. Combined wave and current interaction with a rough bottom. J Geophys Res, 84(C4): 1797—1808
- Hellerman S, Rosenstein M, 1983. Normal monthly wind stress over the world ocean with error estimates. J Phys Oceanogr, 13: 1093—1104
- HydroQual Inc, 2002. A primer for ECOMSED Users Manual. 188. http://www.hydroqual.com/ehst_ecomsed.html
- Mellor G L, Yamada T, 1982. Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems. Reviews of Geophysics and Space physics, 20: 851—875
- Milliman J D, Shen H T, Yang Z S *et al*, 1985a. Transport and deposition of river sediment in the Changjiang estuary and adjacent continental shelf. Continental Shelf Research, 4(1/2): 37—45
- Milliman J D, Beardsley R C, Yang Z S *et al*, 1985b. Modern Huanghe-derived muds on the outer shelf of the East China Sea: identification and potential transport mechanisms. Continental Shelf Research, 4(1/2): 175—188
- Milliman J D, Qin Y S, Park Y A, 1989. Sediments and sedimentary processes in the Yellow and East China Sea. In: Taira A, Masuda F ed. Sedimentary Facies in the Active Plate Margin. Terra Scientific Publishing Company, Tokyo, 233—249
- Smagorinsky J, 1963. General circulation experiments with the primitive equations, I. The Basic Experiment, Mon. Weather Rev, 91: 99—164
- van Rijn L C, 1984. Sediment transport, part 1: suspended load transport. ASCE J Hydr Engr, 110(11): 1613—1638
- van Rijn L C, 1993. Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal Seas. Aqua Publications, Amsterdam, the Netherlands, 8: 1—77
- Yanagi T, Takahashi S, Hoshira A *et al*, 1996. Seasonal variation in the transport of suspended matter in the East China Sea. Journal of Oceanography, 52: 539—552

A THREE-DIMENSIONAL SEDIMENT TRANSPORT MODEL IN THE OFFSHORE AREA NEAR THE CHANGJIANG ESTUARY——A CASE STUDY

WANG Kai¹, LU Xin-Hui^{1,2}, SHI Xin-Hui³

(1. *Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071*; 2. *Graduate school of the Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039*; 3. *School of Mathematics, Ocean University of China, Qingdao, 266100*)

Abstract Base on the ECOMSED model, a 3-D hydrodynamic and sediment transport model for the offshore area near the Changjiang Estuary in the East China Sea was developed in this study. The hydrodynamic module was driven by tide and wind as well as inflow and outflow (such as Kuroshio, Changjiang River runoff). Aggregation and resuspension of cohesive sediments were considered by the sediment transport module, while resuspension of noncohesive sediments was included. Simulated suspended sediment concentrations (SSC), which were accompanied with the wave module, were compared with observational data during the August 2006 in the East China Sea. The annual mean distribution of SSC illustrated that the sediment concentration declined from the coastal to the offshore area. SSC at east of 123°E was less than 10mg/L. The higher SSC mainly appeared at the Changjiang Estuary and the Hangzhou Bay. The calculation profiles of concentration were consistent with the observational data.

Key words The East China Sea, Turbid sea area, 3-D numerical modeling, Sediment transport, Suspended sediment concentration

2011 年度《海洋与湖沼》动态

(1) 《海洋与湖沼》2011 年最新公布的总被引频次在海洋科学期刊中名列第一位; 影响因子为 1.404, 学科影响指标和综合评价总分均列海洋科学期刊首位; 综合评价总分在全国期刊中排第 18 位。

(2) 荣获 2011 年度百种中国杰出期刊奖。

(3) 荣获 2011 年度中国精品期刊奖。