

大鹏湾环境容量研究 I:自净能力模拟分析

夏华永^{1*},李绪录¹,韩 康²(1.国家海洋局南海工程勘察中心,广东 广州 510300; 2.国家海洋环境监测中心,辽宁 大连 110623)

摘要: 在估算大鹏湾污染源强及统计海水污染物浓度的基础上,采用三维水动力模型及污染物扩散模型,模拟了大鹏湾的海水交换及污染物扩散过程,分析了大鹏湾海水交换与生化降解对自净能力的贡献.结果表明,大鹏湾潮差小,约为 1m,潮流弱,污染物难于向湾外扩散,其物理自净能力差,湾内海水自净主要取决于生化降解.在吐露港海区与沙头角海区,污染排放较大,水深较小,海水难于交换,容易受到污染.

关键词: 大鹏湾;自净能力;扩散模型;海水交换;生化降解

中图分类号: X26 文献标识码: A 文章编号: 1000-6923(2011)12-2031-08

Studies on the environmental capacity of the Dapeng Bay, Part I: numerical study of water self-purification capacity. XIA Hua-yong^{1*}, LI Xu-lu¹, HAN Kang²(1.South China Sea Marine Engineering Survey Center, State Oceanic Administration, Guangzhou 510300, China; 2.National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 110623, China). *China Environmental Science*, 2011,31(12): 2031~2038

Abstract: Combined with estimation of the discharge fluxes of pollutant sources and statistical analysis of the pollutant concentration, this paper employed a 3D numerical model to simulate the pollutant transport and seawater exchange processes in the Dapeng Bay. The model results were utilized to calculate the seawater exchange rate and self-exchange period, and to analyze the contributions of seawater exchange and bio-chemical degradation to the self-purification in the bay. It was difficult for the pollutants inside the bay to transport out of the bay as the tidal range was as small as 1m, and the tidal current was weak, thus the self-purification of the water in the bay relied mainly on the bio-chemical degradation, rather than on the seawater exchange between the inner bay and the outer bay. Both the water quality measurements and modeling results indicated that the waters in the Tolo Harbor and Shatoujiao were hard to be exchanged and susceptible to pollution due to large pollutant input and shallow water depth there.

Key words: the Dapeng Bay; self-purification capacity; diffusion model; seawater exchange rate; bio-chemical degradation

大鹏湾是位于深圳东部龙岗区大鹏半岛和香港九龙半岛之间,海湾轴线呈东南—西北向,湾口朝东南,宽度为 9.3km,纵深 18km,大鹏湾的平均水深为 18m,海域面积 320km².大鹏湾为中国香港与深圳共同管辖的海域,沿岸港口与航运发达,湾内养殖与旅游资源开发众多,还是两地沿海地区的纳污场所,对两地的经济发展都有重要作用.经济发展下的海域环境质量保护也是双方共同的关注点.香港环境保护署自 1986 年以来,就开始对大鹏湾的水质与沉积物质量进行每月一次的监测.2003 年以来,深圳市在深圳管辖海域内进行每年夏季的表层水质监测.目前,关于大鹏湾内的水质已有较多的调查研究成果^[1-6],海洋

生物与水质环境之间的关系也得到了较多的研究^[7-8].大鹏湾内局部(如沙头角海与吐露港海域)海域富营养化问题突出,赤潮灾害频繁发生^[9].对大鹏湾的环境管理已是一个迫切的问题.大鹏湾海水自净能力对湾内的环境管理与环境容量规划有着重要的作用,但目前对大鹏湾自净能力的研究尚不多.王学昌等^[10-11]模拟分析了大鹏湾的潮流场及不同排污方式对海水水质的影响.黄小平等^[12]分析了大鹏湾的余流分布、模拟了大鹏湾的潮流场,并根据大鹏湾平均水深 18m,平均

收稿日期: 2011-03-20

基金项目: 我国近海海洋综合调查与评价专项(908-02-02-03)

* 责任作者, 研究员, xiahuaoyong2001@21cn.com

潮差 1m,粗略计算大鹏湾的海水平均交换周期为 18d 左右.这种计算方法中,假定了涨潮时流入湾内的外海水中没有先前交换出的湾内水,落潮时流出湾外的湾内水中没有先前交换进湾内的外海水.显然,这样的估算结果会高估大鹏湾的海水交换率.

本文收集了大鹏湾的污染源强度及水质资料,建立了大鹏湾的水动力模型与污染扩散模型,模拟分析了大鹏湾的物理自净能力,模拟了大鹏湾内污染物排放的浓度分布,分析了生化降解对海水自净的作用.对于大鹏湾的环境容量,则另文给出.

1 大鹏湾污染源与污染物浓度

在污染物扩散模拟中,首先需要了解污染源的分布与强度,模拟浓度分布是否合理也需要实测资料予以检验.本文先估算大鹏湾的污染源强度,并收集水质资料,以 BOD₅ 为代表,给出污染物浓度分布.

1.1 污染源分布

香港环境保护署“大鹏湾水质区域控制策略合作研究报告”^[13]中,划分了大鹏湾的集水区,根据集水区内的污染源分布,给出了 2000 年大鹏湾污染量,其中,BOD₅、总氮、总磷在旱季的排放量分别为 14.242,2.710,0.450t/d,在雨季分别为 16.310,2.876,0.468t/d.但大鹏湾周边盐田区及龙岗区,最近 10 年的工业与经济发展极为迅速,香港集水区内,人口也有了较大的变化.集水区的排污情况已有显著的变化,这就需要重新估算污染源强度.本研究参照该报告估算大鹏湾污染量的方法,重现估算深圳排入大鹏湾的污染量.

香港境内的海洋污染主要受陆地的污染源影响,而陆上污染源中又以城市污水排放所占的污染量最高,其次是来自雨水排水系统(包括河流入海污染)的污染量.在大鹏湾香港集流区内,有沙头角、大埔、沙田等 3 个污水处理厂,大埔、沙田污水处理厂的污水经管道排放在维多利亚港海区.沙头角排污口的污水经过生化二级处理,排放的污水量较小,2007 年排放污水 27×10⁴m³,全年排放的生化耗氧量仅 1t,悬浮物质仅 1t^[14].因

此,香港管辖海域内点源可以不予考虑.雨水等非点源是香港管辖海域的一个主要的污染源,第二次全国海洋污染基线调查“香港特别行政区海域海洋污染基线调查报告”^[15]给出了香港海域随雨水进入海域的生化需氧量、悬浮物、凯氏氮、总氮、磷酸盐磷与总磷的总量,分别为 160,220,34,38,3.4,5.7t/d.本研究假定人均产生的污染量不变,根据现在香港大鹏湾集水区的人口与面积,估算香港管辖大鹏湾海域的各种污染源总入海污染量.大鹏湾的香港集水区,区内人口约 111.5 万人,约有 15.9%的香港总的雨水带来的“非点源”地面污染物进入大鹏湾.在大鹏湾中,还有约占 50%的香港总的海产养殖污染量和 25%的香港总的船舶生活污染量.这样可以估算出大鹏湾香港地区海洋污染源总的污染量(表 1).

表 1 大鹏湾香港辖区污染源的总入海污染量(×10³kg/d)
Table 1 The total pollutant discharge in the Dapeng Bay from Hong Kong(×10³kg/d)

污染源	BOD ₅	悬浮物	凯氏氮	总氮	磷酸盐磷	总磷
雨水	25.4	34.9	5.40	6.03	0.54	0.91
海产养殖	0.26	0.76	0.06	0.29	0.01	
船舶生活	0.16	0.16	0.01	0.03		0.01
总计	25.82	35.82	5.47	6.35	0.55	0.92

大鹏湾深圳海区的污染源也是以陆地污染源为主.陆上污染源种类主要有工业污染源、城市生活污水及农村污水及灌溉水等 3 类.大鹏湾深圳集水区为盐田区和龙岗区的葵涌街道、大鹏街道和南澳街道的部分.到 2008 年,集水区内人口约为 29.1 万人.区内的城市污水和工、农业污水主要通过沙头角河、盐田河、溪涌河、大梅沙、小梅沙、葵涌河、乌泥河和南澳河等 8 个排污口(位置见图 1)进入大鹏湾.葵涌镇、大鹏镇与南澳镇在集水区的面积大致分别为 80%、20%、30%.葵涌、大鹏与南澳三镇 2008 年的自来水供水量分别为 1375.98,562.05,204.74 万 t^[16].假定用水量与集水区面积相关,由此估计龙岗集水区内的自来水用水量为 1274.6 万 t.盐田区 2008 年自来水用水量为 2511 万 t^[17].根据“深圳市节约用水规

划(2005—2020)”,深圳市居民、工业、公共(包含第三产业、流动人口与建筑业用水)、农业用水、补水分类用水比例为 37.87%、31.07%、24.64%、5.92%、0.5%。深圳第三产业污水质量浓度和深圳生活污水质量浓度(表 2)^[13]。工业污水都经过了严格的处理。本文根据 2008 年居民生活与第三产业用水量及相应的污水浓度估算污染物入海通量,结果列于表 3。

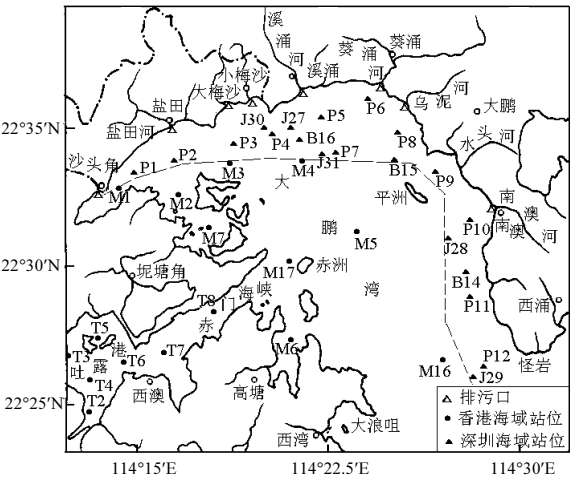


图 1 大鹏湾排污口与水质监测站分布

Fig.1 Location of the sewage outfalls and water quality monitoring stations in the Dapeng Bay.

表 2 深圳第三产业与生活污水质量浓度(mg/L)
Table 2 Concentrations of domestic and tertiary industrial sewage in Shenzhen(mg/L)

用水类型	BOD ₅	悬浮物	氨氮	有机氮	总氮	磷酸盐	总磷	硅酸盐	石油类
第 3 产业	461	282	20	12.5	32.6	4.0	6.6	8.6	2.8
居民生活	150	197	20	12.5	32.5	4	6.6	8.6	5.6

表 3 2008 年大鹏湾污染量($\times 10^3$ kg/d)
Table 3 The total pollutant discharge in the Dapeng Bay in 2008 ($\times 10^3$ kg/d)

污染源	BOD ₅	悬浮物	总氮	磷酸盐	总磷
城市污水	17.67	14.94	2.10	0.26	0.43
雨水	6.8	12.9	1.73	0.21	0.34
海产养殖	0.3	0.8	0.29	0.01	
船舶生活	0.3	0.3	0.07		0.01
总计	25.07	28.94	4.19	0.48	0.78

根据深圳地区的降雨量,集水面积及集流模量,参照香港地区的雨水污染物浓度,估算雨水污染通量,结果见表 3。海产养殖污染根据大鹏湾的养殖量估算。

1.2 污染物浓度分布

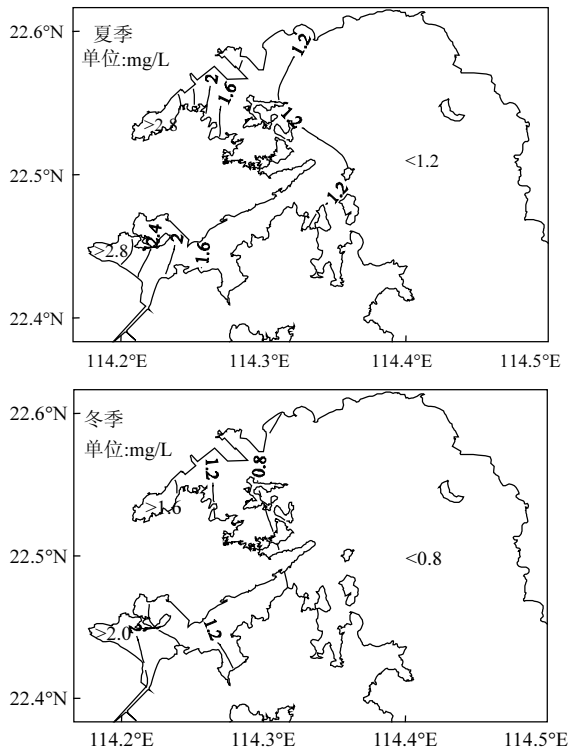


图 2 大鹏湾表层 BOD₅ 分布

Fig.2 Concentration fields of surface BOD₅ in the Dapeng Bay

大鹏湾香港监测区域内共有 16 个水质监测站(图 1),每月监测一次。香港海水水质年报与监测数据都通过网络(<http://www.epd.gov.hk/epd/cindex.html>)向社会公开发布。深圳市海洋与渔业环境监测站对大鹏湾深圳管辖海域环境进行了业务化监测,站位共 12 个(图 1 中 P1~P12 站),监测时间为每年的 7~8 月份。收集了香港管辖海域 1999~2008 年的水质资料,深圳管辖海域 2003~2007 年的水质资料,国家海洋局南海分局 2006 年 7 月及 12 月、2007 年 4 月及 10 月各一个航次 3 个站(B14~B16)的水质资料,以及 1998 年 4 月及 8 月两个航次 5 个站(J27~J31)的第 2

次全国海洋环境污染基线调查资料,并统计分析大鹏湾的水质,其中,夏、冬季大鹏湾海区海水中表层 BOD₅ 的浓度如图 2.夏季,表层 BOD₅ 在吐露港西部和沙头角附近海域较高,在赤洲岛以东水域较低,其变化范围为 0.84~2.99mg/L,平均为 1.64mg/L;底层 BOD₅ 的水平分布趋势与表层基本一致,其变化范围为 0.30~2.38mg/L,平均为 0.97mg/L.冬季,表层 BOD₅ 在吐露港西部和沙头角附近海域较高,而在赤洲岛以东水域较低,其变化范围为 0.57~2.18mg/L,平均为 1.17mg/L;底层 BOD₅ 的水平分布趋势与表层基本一致,其变化范围为 0.59~2.09mg/L,平均为 0.99mg/L.

2 水动力模拟

本文采用 ECOMsi 模型^[18]模拟大鹏湾水动力环境.

2.1 模型的计算参数

本文中,大鹏湾的计算范围为 22°22'N 以北, 114°35'E 以西区域.水平方向计算网格为 0.125'× 0.125',垂直方向空间步长为 Δσ=0.2.为了与实测资料比较,模拟时段为 2008 年 5 月 15 日~6 月 19 日,计算时间步长为 20s.底地形从大鹏湾海图(中华人民共和国海事局 2001 年出版,海图编号:80501)中读取.海底粗糙度取 1cm.水平摩擦力

系数采用 Smagrinsky 公式计算,公式系数取 0.1.

模拟开边界通过两层嵌套计算得到,先采用本文作者^[19]建立的南海北部潮汐模型计算南海北部潮汐.第 2 层嵌套计算区域为 113~116°E, 21°N 以北海域,涵盖了珠江口、大鹏湾与大亚湾等海域.水平分辨率为 1'× 1',计算时间步长为 60s.在南海北部潮流模拟中,天文潮取 K1、O1、M2、S2 4 个分潮.在计算过程中,根据计算结果与观测值的符合程度,采用湾口站的潮汐观测资料对边界条件作了细小的调整.

2.2 大鹏湾潮流场

大鹏湾盐田的计算水位过程如图 3 所示,水位最大误差为 25cm,一般误差小于 10cm,模拟的潮汐过程与实测潮位过程符合较好.

大鹏湾大潮过程中流场如图 4 所示.大鹏湾平均潮差约 1m,属于弱潮海湾.大潮涨急时刻,湾口最大潮流约 20cm/s,涨潮流为西北向.从湾口向湾顶,流速逐渐减小,湾顶处流速约 5cm/s.连接吐露港的赤门海峡处,由于水道狭窄,涨潮流流速大于 10cm/s.湾内潮位接近高潮时,流场仍保持涨急时的流态,除东侧湾口与赤门海峡外,其它区域的流速都减小.落潮时,落潮流速与涨潮流相反,为东南向.落急流速与涨急流速相当,湾口落急流速约 20cm/s.本文模拟流态与先前的模拟结果^[10,12]相似.

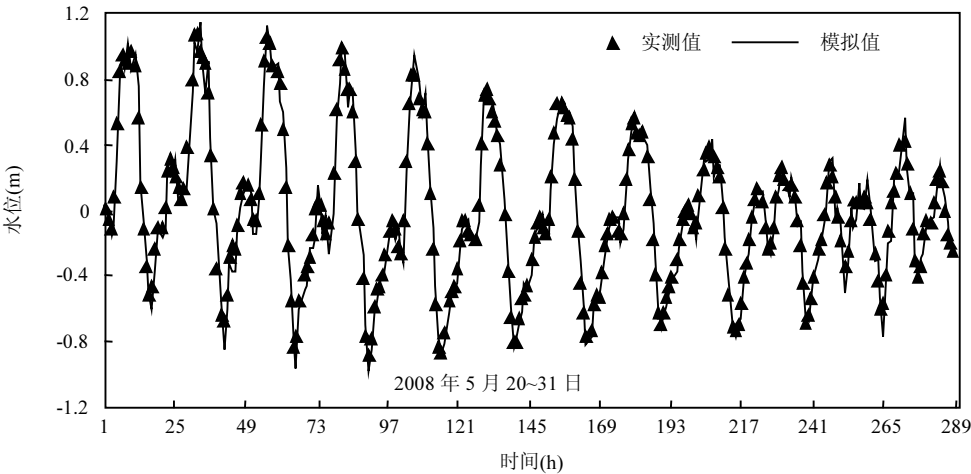


图 3 盐田站潮位过程线

Fig.3 Model calibration for water level at Yantian Station

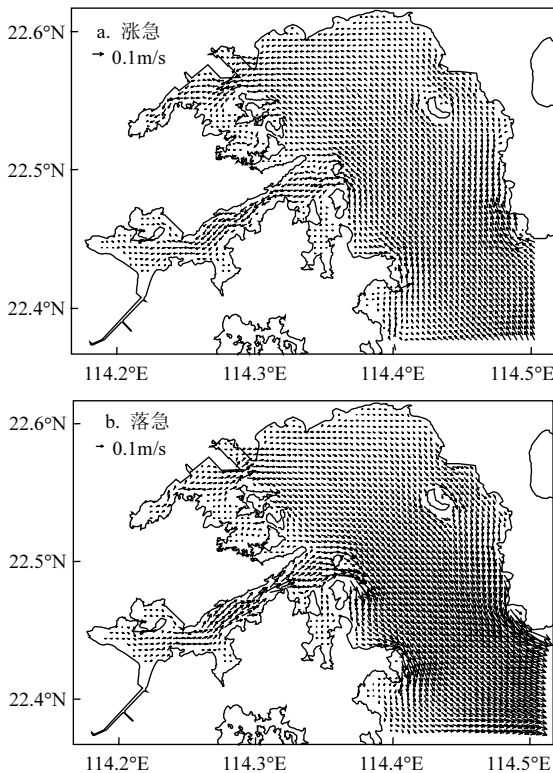


图 4 大潮表层涨急与落急流场

Fig.4 Modeled surface currents at peak flood time and peak ebb time during spring tide

3 物理自净能力

海湾涨落潮过程中产生了湾内外的海水交换,由于湾外的海水比湾内海水清洁,湾内的污染物浓度在海水交换过程中得到稀释,这为海湾的物理自净能力.海水半更换期是指湾内海水更新一半所需的时间,是衡量海域自净能力的重要因子.水交换量和水体更新周期的计算方法有 2 种,其一为观测法,另一种为数值模拟方法.采用前一种方法时,需要在湾内、湾口及湾外进行指标要素(如盐度、COD)的连续观测(在湾口还需要进行流速的连续观测),且需要布设的站位较多,方可得到湾内在涨潮与落潮时的平均浓度,及涨、落潮过程中湾口的物质通量^[20].采用观测法时,观测工作量大,成本极高.数值模拟方法则较为方便,且能给出海水交换量的空间差异.大鹏湾内没有合适的观测资料,不能以观测法分析海水交换率.参照潘伟然^[21]计算湄洲湾半更换期的方法,

采用模拟结果分析大鹏湾内的海水交换率与海水半更换期.

3.1 污染物扩散模型

在 sigma 坐标下,扩散方程的形式如下:

$$\frac{\partial Dc}{\partial t} + \frac{\partial Duc}{\partial x} + \frac{\partial Dvc}{\partial y} + \frac{\partial \omega c}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_q}{D} \frac{\partial c}{\partial \sigma} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[A_H D \frac{\partial c}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[A_H D \frac{\partial c}{\partial y} \right] + DS - kDc \quad (1)$$

式中: D 为水深; u 、 v 分别为 x 、 y 方向的流速; ω 为 sigma 坐标下的垂向速度, σ 为 sigma 坐标面; A_H 为水平方向扩散系数; K_q 为垂向扩散系数; c 为污染物浓度; S 污染源强度; k 为污染物在生物与化学作用下的分解速率.

模拟污染物扩散时,流出边界采用辐射边界条件

$$\frac{\partial c}{\partial t} + V \frac{\partial c}{\partial n} = 0 \quad (2)$$

式中: V 为开边界外法线方向流速; n 为外法线方向.对于流入边界,则给定污染物浓度.

沿岸流对海湾内物质输送的作用极大.粤东沿岸流受季风控制,夏季为东北向沿岸流,冬季为西南向沿岸流.进行污染物扩散模拟时,水动力模拟考虑了风应力的驱动.在夏季,取了 5m/s 的西南季风.污染物扩散模拟时,湾口以 22°27'N 为界,湾内初始浓度场取为 1mg/L,湾外取为 0mg/L.不考虑湾内污染源的输入,也不考虑污染物的生化降解,只考虑初始浓度场在水动力条件的输移与扩散.水平扩散系数取为 10m²/s.

3.2 水交换量与半更换期

输出一个潮周期内的垂向平均浓度,污染物扩散 30d 之后的浓度场如图 5 所示.模拟结果表明:在西南季风作用下,潮周期平均结果而言,湾内海水沿东岸向湾外扩散,到湾外后,随沿岸流向东扩散.湾外海水则从西岸流入湾内;除湾口扩散较快外,大鹏湾内污染物扩散极慢,湾顶与吐露港内,在 1 个月之后,浓度场也只有微小的降低.湾内的污染物扩散极慢,是与湾内的潮流较弱相关的.观测与模拟的潮流结果中,湾口附近的潮流平均流速不大于 10cm/s,湾顶潮流平均流速约 5cm/s.湾内水在涨落潮过程中往复

流动,难于流出湾外.

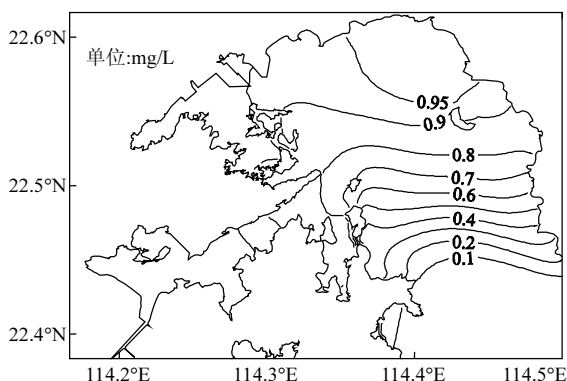


图5 海水交换 30d 后的污染物浓度分布

Fig.5 Concentration of pollutants after 30 days' simulation

定义潮周期内的平均浓度达到初始浓度的一半时,取为半更换期.图6所示,除了在离湾口约4km 范围内的海域半更换期小于30d 外,其他区域都远大于30d.

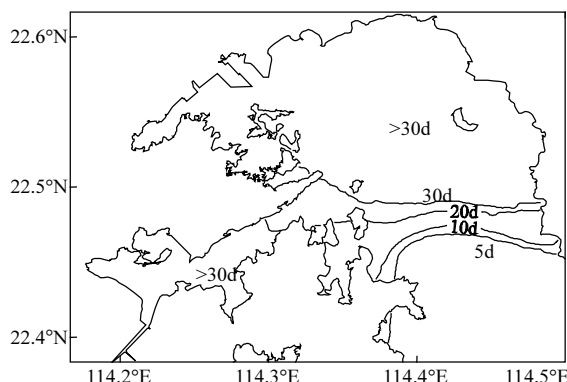


图6 海水半更换期分布

Fig.6 Spatial distribution of half-exchange periods

对于大鹏湾的海水交换率,根据模拟浓度场变化,采用箱式模型^[21]予以评估.模拟中,湾外海水的平均浓度为0.10,20,30d 之后的湾内平均浓度分别为0.907,0.849,0.802mg/L.取湾内平均水容量与平均纳潮量,依此得到的海水交换率分别为0.175、0.147、0.132.采用这3个交换率,得到的湾内海水半更换期分别为71,84,94d.计算结果显示,采用交换了10,20,30d 后的浓度场,估算的

海水交换率是逐渐减小的.这是湾内不同区域海水与外海水交换率的空间差异造成的,是湾顶海水较湾口海水难于交换的体现.

从模拟的浓度场与估算的海水交换率及半更换期来看,大鹏湾的海水交换速度极为缓慢,海湾自净过程中,物理交换不会起主导作用.估计海水自净能力时,必须考虑海湾内部的生物化学自净过程,特别是湾顶沙头角海域与吐露港海域.

4 污染物扩散及生化降解对浓度分布的影响

在水动力模拟的基础上,给定大鹏湾的污染源,模拟污染物 BOD₅ 在湾内的扩散,以及模拟分析生化衰减对污染物分布的影响.污染物扩散模拟时,源强采用香港管辖海域与深圳管辖海域的污染物排放估算结果(表1与表3).香港的雨水是通过管道收集后经过300多个排放口排入海中的,由于不知道雨水排放点的分布,假定大鹏湾内的“非点源”(雨水)通过河流与沿岸排放.在深圳沿岸,将污水排放点设置为点源,位置见图1.

污染物扩散模拟中,根据湾外的观测浓度设置边界浓度.不考虑边界浓度的变化,取其年均值,BOD₅的边界浓度为0.6mg/L.对于初始浓度场,取为计算域内分布均匀,浓度值与边界浓度一致.

4.1 无衰减的污染物扩散模拟

为了更清楚的显示污染物的扩散方向与扩散范围,先不考虑污染物的生化衰减,即,扩散方程中,模拟结果为排放的污染物在背景浓度场上的输送与扩散.污染物排放30d后,BOD₅的浓度分布如图7a.

模拟结果表明,污染浓度呈沿岸浓度高,湾中水体浓度低的分布趋势,这是与污染源的沿岸排放相关的,也与湾中轴区域水深较大,纳污量大,以及扩散速度相对要快有关.污染物容易在吐露港及盐田港海域积累,造成这两个海域的污染.其一,这两个区域污染源较多,排放的污染量大,吐露港海域承受了较多的雨水污染,而盐田港海域则承受了非点源之外,还承受了沙头角河与盐田河的污染物排放.其二,这2个区域较封闭,且离湾口远,动力条件弱,污染物难于扩散.除沙头角河与盐田河两处排污口外,在深圳沿岸的排污口处,

水质都可以达到 2 级水质.排放 30d 后,吐露港的累积浓度最大,BOD₅ 最大浓度达 2.3mg/L.在现有的排放强度下,吐露港及盐田港海域的水质低于一级水质标准外,其它区域的水质都达到一级水质标准.

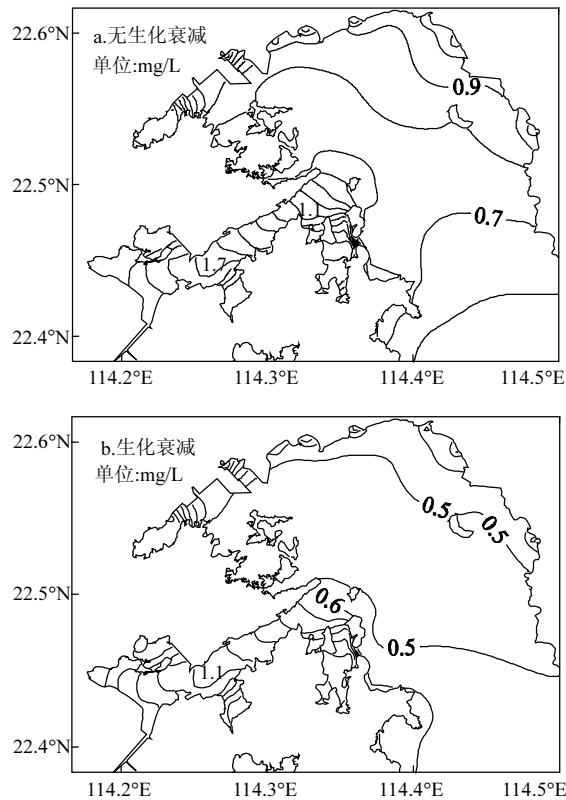


图 7 BOD₅ 扩散模拟浓度分布

Fig.7 Simulated concentration fields of BOD₅

模拟等值线分布及湾内污染量的计算统计结果表明,湾内排放的污染物极难向湾外扩散.排放 30d 后,湾口的污染物浓度仍接近初始浓度,约 95%的污染物滞留在湾内.从实际的污染源扩散模拟结果来看,大鹏湾物理自净能力极差,生化自净才起主导作用.模拟分布趋势与实测结果(见图 2)相比,分布趋势非常相似,能反应水体的主要污染区域.

4.2 生化降解对浓度分布的影响

对于有机污染物在大鹏湾内的生化降解速率,目前尚没有观测与实验资料.季民等^[22]的实

验结果中,COD 的生化降解速率系数 k 随水温的提高而增大,在水温范围 10~28℃ 内, k 值在 0.023~0.076d⁻¹ 内.陈松等^[23]的实验结果中,水温范围 16~26℃ 内, k 值在 0.042~0.068d⁻¹ 内.如果参照实验结果选取大鹏湾的生化降解速率系数,大鹏湾的年均水温约 22℃, k 值约为 0.05d⁻¹.但是,取 k 为 0.05d⁻¹,大鹏湾内的有机污染物排放量与生化降解量之间存在者明显的矛盾.例如,2000 年,湾内的 BOD₅ 监测的平均浓度为 1mg/L.湾内水体体积为 6×10⁹m³,由此得到湾内的 BOD₅ 总量为 6000t,如果取 $k=0.05d^{-1}$,那么,即使没有湾内与湾外的海水交换,也需要湾内每天排放 300t,才会维持湾内的浓度平衡.而同年的统计结果^[13]中,BOD₅ 排放量远小于 300t/d.即使取 $k=0.023d^{-1}$,湾内也需要每天排放 138t,才会保持湾内的 BOD₅ 的浓度平衡.为了避免过高的估计大鹏湾的环境容量,本项研究中,对 BOD₅ 的生化衰减速率系数取 $k=0.023d^{-1}$.

考虑生化衰减对污染物扩散的影响后,污染物 30d 后,BOD₅ 的浓度分布分别如图 7b.考虑生化降解后,BOD₅ 仍保持沿岸浓度高,湾中部浓度低的分布趋势.在吐露港与盐田港海域,污染物积累较高,仍低于一类水质标准.而其它区域,则能达到一类水质标准.在深圳沿岸的排放口附近,由于沿岸水深较大,又有生化降解作用,水质仍保持较好,能达到二级水质标准.湾中部海域,污染物扩散到该区域的量小于局地的生化降解消耗量,污染物浓度降低.整个湾内模拟中给定的污染物排放量小于生化降解量,湾内的平均浓度与污染物总量是下降的,特别是湾中部区域浓度下降明显,较初始值下降了约 25%.模拟时间 10,20,30d 后,湾内的平均浓度分别为 0.593,0.582,0.576mg/L,污染物总量比初始时的减少量分别为 181.3,298.9,367.2t.

综上所述,生化降解是大鹏湾海水的主要自净方式,巨大的海湾水体与生化降解使海湾能容纳较大的污染物排放,但是,吐露港与盐田港海域,水体极为封闭,水深较小,污染物排放造成的水体水质影响较大.由于深水区域纳污量大,污染物扩散相对较快,深圳沿岸污水如深水排放,可显著降

低沿岸的水体污染。

5 结 论

5.1 大鹏湾平均潮差约 1m,湾内平均潮流流速小于 10cm/s,是一个弱潮海湾.湾内、外的海水交换较弱,湾内污染物难于扩散,特别是湾顶区域与吐露港区域.湾内海水半更换期有很大的空间差异,除了在离湾口约 4km 范围内的海域半更换期小于 30d 外,其它区域都远大于 30d.大鹏湾整体的海水半更换期大于 90d.湾内海水的自净过程中,物理交换不会起主导作用,而主要是生物化学自净过程,特别是湾顶与吐露港海域.

5.2 在大鹏湾,香港管辖的海域内,污染源以非点源为主,而深圳管辖海域内以点源为主.监测与污染物扩散模拟的结果都表明,目前污染物排放影响的主要海域为吐露港区域与盐田港区域,其它区域污染物扩散的浓度较低,都低于一类水质的浓度值.通过考虑与不考虑生化降解的对比模拟,得出生化降解对污染物浓度有极大的影响,是维持湾内良好水质的主要原因.

参考文献:

- [1] 赵建中,宋 福.深圳大鹏湾大鹏半岛沿岸海域的一次调查与分析 [J]. 海洋湖沼通报, 1999,(4):69-73.
- [2] 杨美兰,林燕棠,钟 彦.大鹏湾大梅沙海域氮、磷含量及富营养化状态 [J]. 海洋环境科学, 1999,18(4):14-18.
- [3] 林庆华,严少华,何 龙.深圳近岸海域环境质量调查和评价 [J]. 海洋环境科学, 2001,20(3):46-50.
- [4] 黎广媚,林洪瑛,陈凯彪,等.大鹏湾海区营养盐年际变化及富营养化研究 [J]. 海洋通报, 2004,23(3):61-65.
- [5] 黄向青,张顺枝,霍振海,等.深圳大鹏湾、珠江口海水有害重金属分布特征 [J]. 海洋湖沼通报, 2005,(4):39-44.
- [6] 黄 毅,陶 平,陈仕明,等.深圳大鹏湾南澳养殖区主要环境因子分布规律的研究 [J]. 辽宁师范大学学报(自然科学版), 2005,28(1):103-106.
- [7] 黄建中,齐雨藻.大鹏湾海水环境要素与反曲原甲藻增殖的灰关联模型 [J]. 海洋环境科学, 1999,18(1):45-49.
- [8] 黄建中,黄贯虹,陈菊芳,等.大鹏湾春季海水理化因素与拟尖刺菱形藻种群密度的灰色系统模型研究 [J]. 海洋环境科学, 2001,20(4):13-17.
- [9] 冷科明,江天久.深圳海域近 20 年赤潮发生的特征分析 [J]. 生态科学, 2004,23(2):166-170.
- [10] 王学昌,娄安刚,孟 伟,等.大鹏湾潮流数值计算 [J]. 海洋科学,

2001,25(12):37-40.

- [11] 王学昌,娄安刚,郑丙辉,等.不同方式污水排海对海水水质的影响 [J]. 海洋环境科学, 2002,21(3):57-60.
- [12] 黄小平,黄良民.大鹏湾水力特征及其生态环境效应 [J]. 热带海洋学报, 2003,22(5):47-54.
- [13] 香港特别行政区环境保护署.大鹏湾水质区域控制策略合作研究报告 [R]. 2003.
- [14] 香港特别行政区环境保护署.香港特别行政区海域海洋污染基线调查报告 [R]. 2000.
- [15] 香港特别行政区环境保护署.香港海水水质年报 [R]. 2007.
- [16] 深圳市龙岗区统计局.龙岗区 2008 年国民经济和社会发展统计公报 [R]. 2008.
- [17] 深圳市盐田区统计局.盐田区 2008 年国民经济和社会发展统计公报 [R]. 2008.
- [18] Blumberg A F. A primer for ECOMsi Technique Report for HydroQual, Inc., 1991.
- [19] 夏华永,詹华平,朱鹏利,等.潮流、风暴潮耦合模型推算珠江口海域极值流速 [J]. 海洋工程, 2005,23(2):31-40.
- [20] 匡国瑞.海水交换的研究—海水交换率的计算方法 [J]. 海洋环境科学, 1986,5(3):44-47.
- [21] 潘伟然.湄洲湾海水交换率和半更换期的计算 [J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1992,(1):65-68.
- [22] 季 民,孙志伟,王泽良,等.纳污水体中 COD 生化降解过程的模拟试验研究 [J]. 海洋与湖沼, 1999,30(6):731-736.
- [23] 陈 松,廖文卓,许爱玉,等.厦门市排海污水 COD 的降解动力学 [J]. 海洋学报, 1991,13(3):401-406.

作者简介: 夏华永(1967-),男,湖南省沅江市人,研究员,博士,从事海洋水文研究.发表论文 35 篇.