

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2011.01.009

珠江河口滩涂围垦动态及其影响

陈小文^{1 2}, 刘 霞³, 张 蔚¹

(1.河海大学港口海岸与近海工程学院,江苏 南京 210098 ;
2.广东省西江流域管理局,广东 珠海 519090 ;3.广东省水利电力勘测设计研究院,广东 广州 510635)

摘要 : 针对围垦给珠江三角洲地区带来大量土地的同时,也会影响河口水文及滩涂发育的实际问题,利用多时段卫星影像资料及水动力模型,对 20 世纪 70 年代末至 21 世纪初珠江河口滩涂围垦进程进行了分析,模拟并定量研究了不同径流与潮流耦合水文组合下,海岸自然演变及按规划围垦等对河口水文情势所产生的影响.结果表明:在充分考虑海岸自然演变形态条件下进行有序适度的围垦,仍可保证河口的水文及水力学要素按自然演变规律演化.

关键词 : 珠江河口 ; 卫星影像 ; 滩涂围垦 ; 水动力模拟 ; 影响分析

中图分类号 : TV148 ; TV131.2 文献标志码 : A 文章编号 : 1000-1980(2011)01-0039-05

随着社会经济的持续高速发展,珠江三角洲海岸演进呈现越来越快的趋势,河口向海延伸速度达 100 m/a 左右,局部延伸速度高达 200 m/a,远大于长江河口 20 m/a 及黄河河口 48 m/a 向海延伸的速度^[1].筑堤围垦、河口整治、河道采沙等水土资源开发活动加快了三角洲从散乱多汊的水系向规整少汊的河网水系发展的速度,削弱了河网分、蓄洪能力,使污水滞留^[2-3],湿地生态系统遭到不同程度的破坏^[4],部分河道严重下切,河口区水文情势发生剧烈改变,三角洲腹部水位出现了异常升高现象^[5];"94.6"和"98.6"洪水期间局部水位甚至超过 300 a 一遇,给珠三角地区的防洪和水环境带来巨大压力^[6-7].在径流和潮汐动力的共同作用下,口门河段淤积萎缩,口门外拦门沙发育^[8-9].人类活动已严重影响了珠三角区域社会经济可持续发展所必需的水环境与水生生态安全.

研究珠江三角洲滩涂围垦等人类活动对水文情势、生态环境的影响,分析其影响原因,是科学制定防洪保安及各项水资源开发利用规划的前提和基础.笔者利用不同时段卫星影像图和较长时间序列的河网水文等实测资料,系统地研究了珠江河口滩涂围垦演变进程及其对河口水文情势的影响.

1 自然与区域概况

珠江河口上承西江、北江、东江三江径流,经三角洲河网后,自东向西依次由虎门、蕉门、洪奇门、横门、磨刀门、鸡啼门、虎跳门和崖门 8 个口门注入南海(图 1).东西向跨越 150 km,南北向纵深 100 km,水域面积 4 220 km²,大陆岸线长 450 km,是中国 7 大江河流域河口之一^[10].珠江河口为弱潮河口,呈不正规混合半日潮,潮差较小,平均潮差为 0.85 ~ 1.60 m,最大潮差为 2.29 ~ 3.36 m.虎门、崖门是以潮流为主

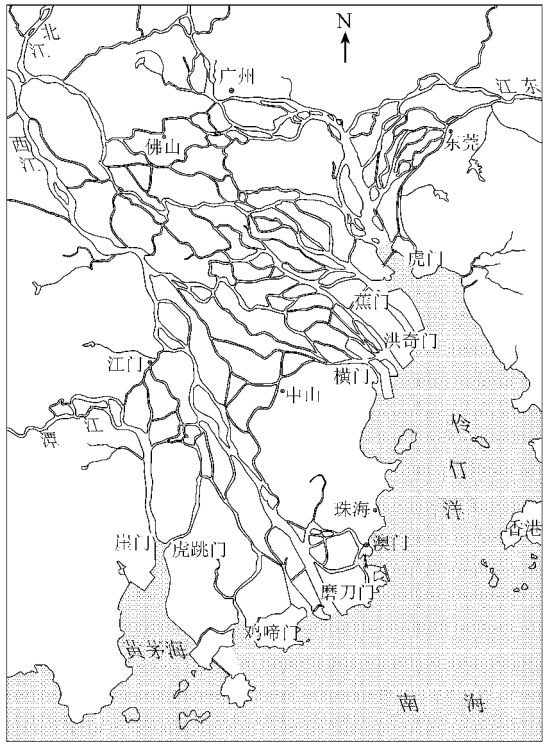


图 1 珠江河口
Fig. 1 Sketch of Pearl River Estuary

的水道,磨刀门等其余 6 口门以径流为主。

河口多年平均入海水量为 3 238.9 亿 m^3 ,年均输沙总量 8 872 万 t,其中 80% 输出口门外,20% 留在河网内。由于物质来源丰富,近百年来珠江三角洲平原面积呈跳跃式增长。河口滩涂湿地属河口淤泥质淤长型湿地^[6-7,10],在海洋生态系统和陆地生态系统相互交错作用下,河口生态系统不稳定性突出,生物多样性和滩涂湿地生态环境受季节影响明显。

2 珠江口滩涂围垦进程及影响

根据美国 Landsat Mss TM(部分 ETM)、中国国土卫星、法国 SPOT 卫星的遥感数据及图片资料分析,1978—2003 年珠江河口围垦的滩涂总面积约 5.61 万 hm^2 ^[11],平均围垦强度达 0.224 万 hm^2/a 。大规模围垦主要分布在蕉门、横门、磨刀门、鸡啼门西滩(连岛大堤)、崖门等处,其中伶仃洋近岸围垦 2.60 万 hm^2 ,磨刀门 1.50 万 hm^2 ,黄茅海和鸡啼门 1.51 万 hm^2 (表 1)。该阶段滩涂围垦速度较快,特别是 1978—1995 年间,围垦面积 4.53 万 hm^2 ,占围垦总量的 80.8%。

表 1 1978—2003 年各口门近岸围垦面积
Table 1 Land reclamation area of various mouths from 1978 to 2003

区 域	围垦面积/万 hm^2					围垦强度/ (万 $\text{hm}^2\cdot\text{a}^{-1}$)
	1978—1988 年	1988—1992 年	1992—1995 年	1995—1999 年	1999—2003 年	1978—2003 年
伶仃洋	0.596	0.717	0.677	0.221	0.386	2.598
磨刀门	0.620	0.176	0.609	0.067	0.029	1.501
鸡啼门	0.039	0.083	0.067	0.009	0.079	0.277
黄茅海	0.269	0.439	0.240	0.107	0.178	1.233

伶仃洋近岸围垦主要在西部口门,包括蕉门口外浅滩、万顷沙尾浅滩、横门口外浅滩,伶仃洋东岸浅滩也进行了局部围垦。磨刀门 20 世纪 80 年代围垦主要分布在三灶湾及鹤洲北,围垦面积 0.62 万 hm^2 。20 世纪 90 年代初开始围垦洪湾北、横琴北等地,并抛石鹤洲南,面积总计约 0.88 万 hm^2 。经过整治,磨刀门水道一主一支格局基本形成,内海区不复存在,1978—2003 年间磨刀门河口向海延伸约 16.5 km。

鸡啼门浅滩主要分布在南水岛东侧、大木乃、大木乃南、大门水道两侧及连岛大堤的东侧。围垦开发主要发生在 1988—1992 年间,其后开发力度减弱,至 1999 年,三灶岛西南侧已基本围垦成陆。此后在南水岛东侧、北侧、大木乃南及连岛大堤北部又进行了围垦。1978—2003 年,鸡啼门水道东岸共围垦约 0.161 万 hm^2 ,西岸共围垦约 0.115 万 hm^2 。

20 世纪 80 年代前,黄茅海东、西岸 0 m 以上的滩涂约有 0.7 万 hm^2 。至 2003 年,黄茅海西岸围垦面积达 0.539 万 hm^2 ,东岸围垦 0.693 万 hm^2 。

珠江河口实测地形资料与遥感数据分析结果表明,珠江河口围垦工程基本上在 20 世纪 90 年代初已基本结束,自 1995 年以后围垦速度明显变缓,仅有局部小面积围垦。因此,1990—2000 年岸线及等深线的变化基本反映了近期珠江三角洲滩涂岸线自然演变趋势和速度。具体分析计算结果见表 2。

表 2 1990—2000 年珠江河口等深线年均延伸长度
Table 2 Annual average extension length of isobath in Pearl River Estuary from 1990 to 2000 m

区域	L_j	L_{-2}	L_{-3}	L_{-4}	区域	L_j	L_{-2}	L_{-3}	L_{-4}
虎门大角山至珠海横琴岛	76 007	61	45	49	黄茅海西岸	35 108	41	28	43
大角山至珠海金星铜鼓角	43 549	84	48	61	黄茅海东岸	27 119	22	38	18
珠海金星铜鼓角至横琴岛	32 458	30	40	33	鸡啼门	16 796	178	205	18
伶仃洋东岸	44 339	31	26	38	磨刀门	19 112	96	116	71

注: L_j 表示延伸参照线基准长度; L_{-2} 表示-2 m的等深线延伸长度; L_{-3} 表示-3 m的等深线延伸长度; L_{-4} 表示-4 m的等深线延伸长度。

3 围垦对珠三角水文情势的影响

3.1 分析研究工况

为了研究滩涂围垦对珠江河口水文情势变化的影响,通过大范围珠江三角洲一二维耦合的水动力数学模型,按洪、中、枯 3 种水文条件对不同的围垦方案进行模拟分析与成果评价。数学模型上边界为西江高要、

北江石角、东江博罗、增江麒麟咀、潭江石咀,下边界至外海-30 m 水深处.从上边界至 8 大口门潮位站为一维概化范围,8 大口门潮位站至外海为二维概化范围.模拟范围见图 2.

计算采用的地形条件,一维河道西、北江采用 1999 年测量的 1:5 000 河道地形图,东江采用 1997 年测量的 1:5 000 河道地形图,外海二维区域采用最新海图拼接而成.

研究 3 种围垦方案:方案 1 为 2010 年现状方案;方案 2 为滩涂自然演变至 2020 年方案;方案 3 为 8 大出海口门整治规划阶段治导线内滩涂开发方案.水文工况选择大、中、枯水大潮的 3 个典型时段,分别为 1998 年 6 月、1999 年 7 月和 1959 年 1 月,计算边界流量见表 3.外海开边界采用同时段潮位过程.

考虑到珠江口适合滩涂围垦的高程在珠基-1.0~-2.0 m 以上,因此,根据表 2 的等深线年均延伸速度,推测 2020 年滩涂自然演变后的岸线位置,以确定-2 m 等深线的范围.3 种研究工况的-2 m 等深线的范围见图 3.图 3 中,工况 3 规划治导线内滩涂开发方案-2 m 等深线范围内的地形数据,在 2020 年滩涂自然演变的基础上修改围垦成陆范围内的高程数据点获得.不同工况-2 m 等深线以上滩涂面积见表 4.表中磨刀门围垦面积为 0,表明磨刀门现在已经按规划治导线完成了围垦.

表 3 边界流量

Table 3 Values of boundary discharge

水文 工况	边界流量/(m ³ ·s ⁻¹)				
	高要	石角	博罗	马口	三水
大水大潮	52 600	12 500	3 750	46 200	16 200
中水大潮	33 800	1 450	314	26 800	9 220
枯水大潮	1 410	190	120	1 214	384

3.2 水文情势模拟成果

3.2.1 口门净泄量及汉口分流比

滩涂规划方案(工况 3)实施后,8 大口门净泄量与滩涂自然演变至 2020 年(工况 2)相比变化较小,变化范围在 1% 之内.由于滩涂自然延伸较大的区域主要位于虎门出口伶仃洋东岸、蕉门南汉出口左右岸,横门岛至淇澳岛之间,河口外延导致连接该河口的上游河道分流量减少,工况 3 鳧洲水道至蕉门南汉口分流比在洪、中水条件下比工况 2 减少 0.3%~1.9%,枯水条件下比工况 2 增加 9.6%.

3.2.2 主要站点水位

工况 2 和工况 3 对河网区主要站点的水位影响具有相同的趋势,即大水大潮和中水大潮为代表的洪中水在以径流为主的水文条件下,高潮位和低潮位都有抬高的趋势,枯水大潮以潮为主的水文条件下都有高潮位降低、低潮位升高的趋势.

大水大潮“98.6”水文条件下,工况 2 高高潮抬升 0.01~0.03 m,低低潮水位以虎门的大虎站为最,水位升高了 0.24 m,南沙站次之,水位升高 0.17 m,其余站点在 0.07 m 以下.与工况 2 相比,工况 3 高高潮除黄茅海上游黄冲、西炮台、三江口、横山站水位降低 0.04~0.07 m 外,其余站点升高 0.01~0.14 m.由于黄冲、西炮台

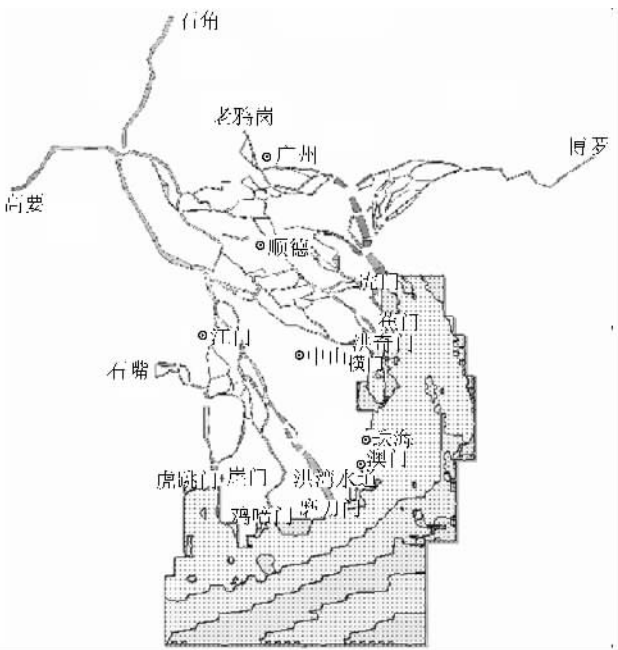


图 2 模拟计算区域
Fig. 2 Computational domain

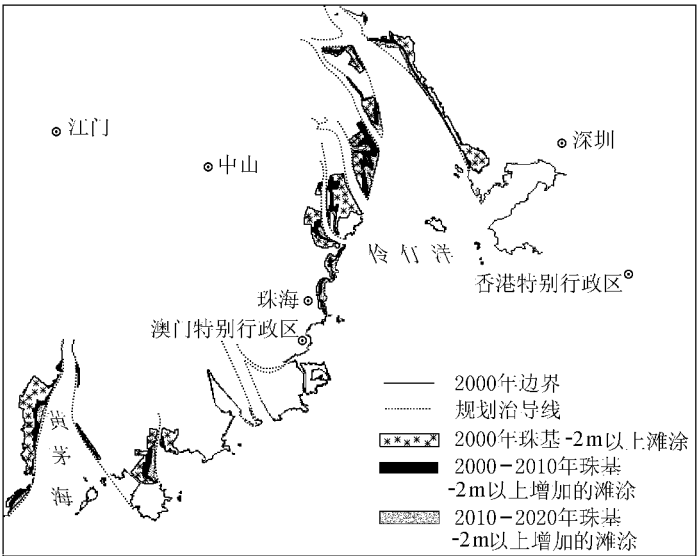


图 3 不同时段围垦范围
Fig. 3 Land reclamation during different periods

的高潮水位即使在大水大潮的条件下仍受潮流控制,工况3使黄茅海的纳潮能力降低,因此上述2个站的水位会出现下降的现象.与工况2相比,工况3低低潮南沙、黄金水位升高分别为0.12和0.27m,靠近南沙站的其他站点低低潮水位升高在0.1m以下.

表4 -2m等深线以上滩涂面积预测结果

Table 4 Simulated results of reclamation area above isobath of -2 m

区域	灌溉面积/hm ²			区域	灌溉面积/hm ²		
	2010年	2020年	规划治导线内		2010年	2020年	规划治导线内
虎门大角山至珠海横琴岛	171.11	214.37		黄茅海西岸	74.43	88.92	79.78
大角山至珠海金星铜鼓角	158.12	196.72	154.85	黄茅海东岸	10.33	16.87	8.65
珠海金星铜鼓角至横琴岛	12.99	17.65		鸡啼门	43.11	65.27	9.84
伶仃洋东岸	67.13	78.75	70.13	磨刀门	59.26	79.63	0.00

枯水大潮“59.1”水文条件下,各工况条件下高高潮水位降低、低低潮水位升高且趋势明显.工况2高高潮水位变化幅度在-0.07m以下,低低潮水位升高幅度在0.05m以内.工况3高高潮降低最大为大虎、南沙,降幅达0.23~0.24m,低低潮升高最大为大虎、黄金,升高幅度分别为0.18和0.15m.

3.2.3 海域涨落潮量

在伶仃洋、磨刀门、鸡啼门、黄茅海选取代表断面,统计各方案的涨落潮量.各工况都不同程度地减少了潮流通道,使涨落潮量减少.与工况2相比,工况3枯水大潮“59.1”水文条件下,伶仃洋南线涨潮量减少0.93%,中线减少1.78%,北线减少0.5%,黄茅海南线涨潮量减少0.01%,北线减少0.15%,鸡啼门减少了0.08%.

4 结 语

滩涂规划方案和2020年海岸自然演变工况的计算结果表明,围垦对河网水位、口门流量分配、涨落潮量将产生一定影响.研究结果验证了河口外延将使内河水位有抬高趋势的结论^[6].

理论上讲,围垦滩涂首先要滩涂周围抛石成围以固定边界、防浪拦沙,因此,围垦也具有固定河道作用.同时围垦加速了三角洲前缘向海推进的速度,可能会缩窄过水断面,使水面面积缩小,浅滩发育,入海河槽延长和分汊,也使水流挟沙能力下降,导致泥沙在河槽及河口的淤积和洪水位抬高.但本文的分析计算表明,在充分考虑海岸自然演变形态特征的前提下,进行有序适度的围垦,在获得宝贵的土地资源的同时,仍可保证河口的水文及水力学要素基本按照自然演变的规律演化,使围垦对水文与水环境的影响控制在可接受的范围内.这对于保持珠江三角洲的社会经济高速、稳定、可持续发展显得尤为重要.

参考文献:

[1] 黄镇国,张伟强.珠江河口近期演变与滩涂资源[J].热带地理,2004,24(2):97-102.(HUANG Zhen-guo,ZHANG Wei-qiang.Recent evolution of the Zhujiang estuary and tidal flat resource[J].Tropical Geography 2004,24(2):97-102.(in Chinese))

[2] 许长新,邱珍英.沿海滩涂开发与环境保护的可持续发展[J].海洋开发与管理,2004(6):8-10.(XU Chang-xin,QIU Zhen-ying.The sustainable development and environmental protection of coastal mud fla[J].Ocean Development and Management 2004(6):8-10.(in Chinese))

[3] 徐民.珠江河口整治近期方案的构筑和选择[J].广东水利水电,2002(5):15-17.(XU Min.Build and choice of the regulate program of the Pearl River Estuary in the near futur[J].Guangdong Water Resources and Hydropower 2002(5):15-17.(in Chinese))

[4] 梁向阳,梁家海,萧金文.珠江三角洲海岸变迁及对城市可持续发展的影响[J].资源调查与环境,2005,26(4):283-291.(LIANG Xiang-yang,LIANG Jia-hai,XIAO Jin-wen.The coast changes of Zhujiang River Delta and its influence on city sustainable developmen[J].Resources Survey & Environment 2005,26(4):283-291.(in Chinese))

[5] 王廷华.珠江三角洲水位变化趋势及其影响分析[J].人民珠江,1998(6):38-45.(WANG Ting-hua.Analysis of the trend of water level change in Pearl River Delta and its effect[J].Pearl River,1998(6):38-45.(in Chinese))

[6] 黄镇国,张伟强.珠江三角洲近期水沙分配的变化及其影响与对策[J].云南地理环境研究,2006,18(2):21-27.(HUANG Zhen-guo,ZHANG Wei-qiang.The recent change of distributive ratios of runoff and stream load and its impacts and countermeasures in Zhujiang River Delta[J].Yunnan Geographic Environment Research 2006,18(2):21-27.(in Chinese))

[7] 王兆印,程东升,刘成.人类活动对典型三角洲演变的影响—I 长江和珠江三角洲[J].泥沙研究,2005(6):76-81.(WANG

Zhao-yin , CHENG Dong-sheng , LIU Cheng. Impacts of human activities on typical delta processes—I the Yangtze and Pearl River Deltas [J]. Journal of Sediment Research 2005(6) : 76-81.(in Chinese))

[8] 郑道贤 , 沈鸿金 . 西江、北江下游及三角洲网河河道同步水文测验成果分析 [J]. 水文 , 2004(3) : 33-36(ZHENG Dao-xian , SHEN Hong-jin. Analysis on results of simultaneous hydrometry in the downstream of Xijiang River and Beijiang River and the Net Rivers of Pearl River Delta[J]. Hydrology 2004(3) 33-36.(in Chinese))

[9] 李春初 , 雷亚平 , 何为 , 等 . 珠江河口演变规律及治理利用问题 [J]. 泥沙研究 2005(3) : 44-51.(LI Chun-chu , LEI Ya-ping , HE Wei ,et al. Evolutional processes of the Pearl River Estuary and its protective regulation and exploitation[J]. Journal of Sediment Research 2005(3) 44-51.(in Chinese))

[10] 崔伟中 . 珠江河口滩涂湿地的保护及其保护研究 [J]. 湿地科学 , 2004 , 2(1) : 26-30.(CUI Wei-zhong. Study on protection of mudflat wetland in the Pearl River Estuary[J]. Wetland Science 2004 2(1) 26-30.(in Chinese))

[11] 广东省水利电力勘测设计研究院 . 珠江河口滩涂保护及开发利用规划 报批稿 [R]. 广州 : 广东省水利电力勘测设计研究院 2009 .

Shore reclamation in Pearl River Esturay and its impact analysis

CHEN Xiao-wen^{1,2} , LIU Xia³ , ZHANG Wei¹

- (1. College of Harbor , Coastal and Offshore Engineering , Hohai University , Nanjing 210098 , China ;
2. Xijiang River Administration , Zhuhai 519090 , China ;
3. Guangdong Hydropower planning and Design Institute , Guangzhou 510635 , China)

Abstract : The shore reclamation created large area of land for the Pearl River Delta region . However , it also affected the hydrology and the shore evolution in the estuary . The reclamation process in the Pearl River Estuary from the end of the 1970s to the beginning of the 2000s was analyzed by use of the satellite images with multi-period data and hydrodynamic models . The influences of natural shore evolution and reclamation planning on the river regime in the estuary were simulated and quantitatively studied under coupling hydrology of different runoffs and tidal flows . The results show that the appropriate reclamation after a full consideration of natural shore evolution can still ensure the regular and natural evolution of hydrologic and hydraulic elements in the estuary .

Key words : Pearl River Estuary ; satellite image ; shore reclamation ; hydrodynamic modeling ; impact analysis