

人类活动对象山港潮汐汊道及沿岸生态系统演化的影响

刘永超¹, 李加林^{1,2*}, 袁麒麟¹, 钱瑛瑛¹, 陈鹏¹, 姜文达³

(1. 宁波大学 建筑工程与环境学院, 浙江 宁波 315211; 2. 浙江省海洋文化与经济研究中心, 浙江 宁波 315211;
3. 宁波大学 研究生院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 以 1985 年、1995 年、2005 年及 2014 年的 TM 遥感影像及近年来的海洋环境质量监测数据为依据, 分析了人类活动影响下象山港潮汐汊道及其沿岸生态系统演化的特征. 结果表明: (1) 1985~2014 年, 研究区耕地、海域、滩涂、湖泊河流以及林地等生态系统类型面积呈下降态势, 建设用地、未利用地以及养殖用地与盐田等面积呈增加态势; (2) 临海工业的快速发展使象山港海域水体 DIN 和 DIP 超标严重, 以 IV 类和超 IV 类水质为主; (3) 受人类活动的影响, 象山港潮汐汊道海域生物量减少、栖息密度下降; (4) 象山港潮汐汊道及其沿岸生态系统服务功能明显减弱.

关键词: 人类活动; 潮汐汊道; 生态系统演化; 象山港

中图分类号: Q149; X826

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2015) 04-0120-04

海岸带是环境变化的敏感地带, 在自然和人类的双重作用下, 其资源环境问题日益严重, 给人类社会的发展带来了巨大的负面影响^[1-3]. 象山港潮汐汊道及其沿岸是浙江省海岸带系统的一个子系统, 随着海洋经济的发展, 其资源环境问题日渐凸显^[4]. 目前, 有关人类活动对潮汐汊道的影响已有不少研究成果, 主要涉及对口门地形和枯季潮汐动力变化的影响^[5]、沉积物输移平衡^[6]及涨落潮历时、盐水入侵的影响^[7]等. 但对潮汐汊道生态系统演变的时空规律研究, 较为鲜见. 本文通过对 1985 年、1995 年、2005 年及 2014 年的 TM 遥感影像及近年来海洋环境质量监测数据的分析, 讨论了人类活动影响下象山港潮汐汊道及其沿岸生态系统的演化过程, 以期今后象山港潮汐汊道的生态环境保护提供参考.

1 研究区概况

象山港(29°24'~30°07'N, 121°43'~122°23'E)位于浙江省宁波市东南沿海, 跨越象山、宁海、奉化、鄞州、北仑五县(市、区), 北靠杭州湾, 南邻三门湾, 东侧为舟山群岛, 是一个 NE-SW 走向的狭长

型潮汐通道海湾^[8]. 港内有西汊港、铁港和黄墩港 3 个次级汊道, 港口到港底全长约 60 km, 大部分地区宽 5~6 km, 平均水深 10 m, 入港河川溪流众多. 象山港流域面积 1 455 km², 其中水域总面积 630 km², 潮汐属不正规半日潮. 近年来, 随着海洋经济的快速发展, 海域资源环境破坏严重^[9]. 本研究区以象山港 2014 年海岸线向陆 2.5 km 为边界, 包括整个象山港潮汐汊道水域区域, 并将研究区土地利用划分为建设用地、耕地、养殖用地与盐田、林地、未利用地、湖泊河流、海域以及滩涂 8 种生态类型.

2 数据来源与方法

2.1 数据来源及处理

以 1985 年、1995 年、2005 年及 2014 年的 TM 遥感影像为数据源, 结合象山港行政区划图、象山港 1:5 万地理背景资料等基础数据. 采用 Envi4.7 软件, 以象山港 1:5 万地形图为准并结合 GPS 野外调查控制点对 4 年的 TM 遥感影像数据进行几何纠正、地理配准、图像镶嵌、研究区裁剪等处理. 在 ArcGIS 10.2 环境下通过人机交互式解译, 得到 4

收稿日期: 2014-10-16.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journal.lg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 国家自然科学基金(41171073, 41471004); 浙江省自然科学基金(Y5110321); 宁波大学重点学科项目(ZX2013000646).

第一作者: 刘永超(1990-), 男, 甘肃庆阳人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 资源环境保护与利用. E-mail: lycgeo@163.com

*通信作者: 李加林(1973-), 男, 浙江台州人, 博导/教授, 主要研究方向: 海岸带资源开发与保护. E-mail: nbj2001@163.com

个时期的土地利用数据库,解译后的土地利用类型经野外校验证,得到在人类活动影响下研究区1985、1995、2005及2014年生态类型的变迁特征。

2.2 海域水质评价方法

根据《国家海水水质标准》(GB3097-1997)、《象山港海洋环境公报》(2005~2012年)、《浙江省生态环境10年变化(2000~2010年)遥感调查与评估项目实施方案》,选用营养化指数进行水质分析,其计算公式为:

$$E = (C_{\text{COD}} C_{\text{DIN}} C_{\text{DIP}}) / 4500, \quad (1)$$

其中: C_{COD} 为化学需氧量, C_{DIN} 为无机氮质量浓度, C_{DIP} 为无机磷酸盐质量浓度。当 $E > 1$ 时,即为富营养化型,表明水质受污染。另据《国家海水水质标准》(GB3097-1997)、《陆源入海排污口及邻近海域生态环境评价指南》(HY/T086-2005)、《污水综合排放标准》(GB8978-1996)和《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)分析评价了临海工业对水质的影响。以《象山港海洋环境公报》、《浙江省海岸带调查报告》、《中国海湾志》(浙北分册)及《象山港海洋生态环境保护与修复技术研究》中对环境质量、潮间带生物体的调查结果作为生物多样性的数据来源。采用生态系统服务功能分类方法,对研究区生态服务功能消耗进行了评价。

3 结果与分析

3.1 人类活动对研究区生态类型的影响

通过遥感解译得到了1985~2014年研究区生态系统类型的空间分布与面积变化(图1、图2)。由图1和图2可知,研究区耕地、海域、滩涂、湖泊河流及林地的面积呈下降态势,建设用地、未利用地及养殖用地与盐田的面积呈增加趋势。其中面积减少较多的为耕地与滩涂,净减少量分别为70.63、41.94 km²,滩涂面积前10年减少量为后10年的3.56倍;2014年的耕地面积仅为1985年的62.20%;建设用地面积增加较快,增加了67.89 km²,说明随着城市化进程的加快和工业化的推进,研究区生态系统类型发生了明显变化。其中大量围填海工程建设使海域和滩涂面积减少,导致了港湾纳潮量降低和原有流场改变^[10],制约了海湾的自净能力。同时造成了涨、落潮历时和潮流流速格局变化,进而引起纳潮海湾的淤塞和水体交换

滞缓,改变了污染物的迁移规律,破坏了象山港海湾生态环境,对潮汐汊道的动态平衡及稳定性产生了较大的冲击。

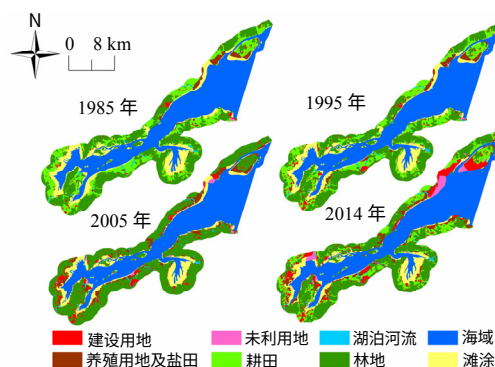


图1 1985~2014年生态系统类型分布演变

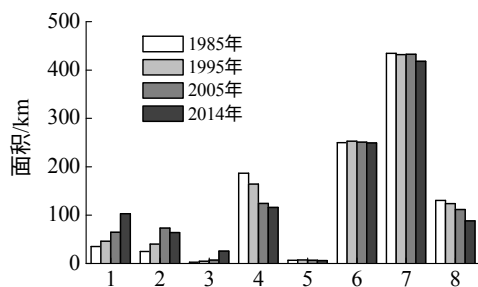


图2 1985~2014年生态系统类型面积变化

3.2 人类活动对研究区水质的影响

陆源污染物主要通过河流、排污口等进入近海海域。随着象山港沿海地区经济的高速发展,陆域污染源数量与污染物总量不断增加,使近岸海域和部分港湾污染日益严重(表1)。同时,根据《象山港海洋环境公报》以及宁波市海洋与渔业局海域监测结果可以看出:临海工业的发展,对水质影响较大,如国华宁海电厂、大唐乌沙山发电厂及浙江造船厂邻近海域水体的DIN和DIP普遍超标,以IV类和超IV类水质为主,且随着水质的恶化,海域的浮游生物和底栖生物群落发生了变化,导致赤潮等灾害事件的发生。象山港海湾2007~2012年底有记录的赤潮事件13起,累计受灾面积约1642 km²。

据象山港8年监测数据(表2),该水域87.5%的 $C_{\text{DIN}} > 0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 90%的 $C_{\text{DIP}} > 0.015 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。根据(1)式可得象山港各时期水质 E 值大于1占较大比重,说明象山港大面积海域处于富营养化状态,且DIN是该港湾富营养化的主要贡献因子。

表 1 象山港沿岸陆源入海排污口污染物及评价

排污口位置	行业	主要污染物	污染物特征	评价结果
象山墙头镇	印染	苯胺、多氯联苯、COD、总磷、BOD、悬浮物、粪大肠菌群	黑色、很臭	2007~2010 年(A) 2011~2012 年(B)
宁海桥头胡镇	工业市政	多氯联苯、苯胺、COD、石油类、氨氮、BOD、总磷、挥发酚、悬浮物	灰褐色、有泡沫	2008~2012 年(A)
象山西周镇	工业综合	石油类、氨氮、挥发酚、COD、多氯联苯、苯胺	灰色	2008~2011 年(A)
宁海西店镇	化工	多氯联苯、COD、硫化物、总磷	灰褐色	2008~2010 年(A) 2011~2012 年(B)
奉化莼湖镇	综合	COD、氨氮、悬浮物、总土黄色		2009~2012 年(A)
奉化裘村	综合	磷、粪大肠菌群、苯胺		
		COD、氨氮、苯胺	灰色	2009 年(A)
北仑区春晓镇	综合	COD、氨氮、油类	灰色	2009~2010 年(A) 2011 年(B)

表 2 象山港海域 DIN、DIP 含量变化趋势

指标	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年
DIN/(mg·L ⁻¹)	0.384~1.218	0.335~1.075	0.351~1.069	0.175~0.995
DIP/(mg·L ⁻¹)	0.021~0.116	0.024~0.117	0.016~0.137	0.001~0.127
指标	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
DIN/(mg·L ⁻¹)	0.262~1.347	0.511~1.369	>0.50	>0.50
DIP/(mg·L ⁻¹)	0.008~0.130	0.002~0.134	>0.045	>0.045

注: 资料来源于 2005~2012 年《象山港海洋环境公报》。

3.3 人类活动对研究区生物多样性的影响

海岸工程建设使研究区生物群落的分布以及生物多样性发生了变化。由研究区平均生物量及栖息密度的有关历史调查资料(表 3)可知, 1981~1988 年, 人类活动干扰较小时期, 宁波岸段潮间带、象山港潮间带生物量及栖息密度变化不大; 1988 年以后随着人类活动的加强, 象山港潮间带生物量、栖息密度由 107.28 g·m⁻²、796 ind·m⁻² 下降到 2007~2008 年的 101.1 g·m⁻²、359.2 ind·m⁻²。说明象山港沿岸随着人口增加、临海工业的快速发展、海洋水产养殖业的推进等对海域生态造成了很大压力, 使得该地区潮间带生物多样性指数下降、生物量减少、栖息密度降低。

表 3 潮间带平均生物量及栖息密度

调查年份	平均生物量/(g·m ⁻²)	栖息密度/(ind·m ⁻²)
1981 年	107.30	796
1987~1988 年	107.28	796
2007~2008 年	101.10	359.20

温度是影响浮游生物种类组成和数量分布的主要因子之一, 国内有关温排水对浮游生物影响的研究表明^[13-14], 在水体强增温区(ΔT>3℃), 尤其是在夏季自然水温较高时, 水生生物群落中种类和数量会下降, 导致群落物种多样性减少^[15]。象山港海域生产生活“三废”的排放严重, 附近海域升温明显, 据《象山港海洋环境公报》国华宁海电厂排水口附近海域, 2007~2009 年冬夏季的水温均高于正常水域水温, 说明电厂热水的排放会加剧水温增升, 破坏生物的栖息环境, 导致生物种类与数量减少。此外, 研究区海域水体的富营养化、海岸人工地貌增加压缩潮间带的生物生存空间和海水养殖等会造成浅海或湾内生物多样性向单一性转化^[16], 且通常是不可逆的。

3.4 人类活动对研究区生态系统服务功能的影响

滩涂为象山港海岸工程建设、经济社会发展提供了大量的土地和空间资源, 在我国潮滩围垦已成为实现区域耕地占补平衡的重要举措^[17]。基于千年生态系统评估(MA)工作组提出的生态系统服务 4 大功能类型, 结合人类活动对象山港及其沿岸生态系统服务功能的影响程度, 得到研究区滩涂生态系统服务功能的损失情况(表 4)。

表 4 人类活动影响下滩涂服务功能的损失程度

服务功能	价值表现	具体形式	损失程度
供给	物质生产	供水、农产品、水产品、化工产品	1
	调节气候	诱发降雨、提高湿度、调节温度	4
调节	均化洪水	降低洪峰、滞后洪水过程等	3
	涵养水源	存贮和保留水分、增加地下水供应	4
水质净化	分解和降低土壤水中毒害物		4
	干扰调节	抵御风暴, 防治河、湖、海岸侵蚀	4
支撑	促淤保滩	淤积砂石土, 提供建筑材料, 护岸滩	2
	生物多样性	提供野生生物栖息、繁衍、迁徙地	4
养分循环	吸收、固定和转化土壤水营养物质		3
	休闲娱乐	休闲、旅游、摄影场所	1
文化	科研教育	提供特种标本, 研究对象, 环教地点	1

注: 数字大小表示影响程度大小, 越大表示损失程度越大。

象山港沿岸自 1985 年以来, 研究区海域共围垦滩涂面积 41.94 km², 其中 1985~1995 年围垦了 6.48 km², 1995~2005 年围垦了 12.16 km², 2005~2014 年围垦了 23.30 km²。象山港沿海滩涂生态系统面积的减少, 直接导致近海生物多样性的降低和局部群落结构的变化, 使生物栖息地减少、水产

养殖产量下降,并引起水质恶化等生态问题,说明人类活动使象山港及其沿岸生态系统调节与支撑服务功能明显受损。

参考文献:

- [1] Roberts W, Le H P, Whitehouse R J S. Investigation using simple mathematical models of the effects of tidal currents and waves on the profiles shape of intertidal mudflats[J]. *Continental Shelf Research*, 2000, 20(11/12): 1079-1097.
- [2] Williams H F L. Sand-spit erosion following interruption of longshore sediment transport: Shamrock Island, Texas [J]. *Environmental Geology*, 1999, 37(1/2):153-161.
- [3] 李加林, 杨磊, 杨晓平. 人工地貌学研究进展[J]. *地理学报*, 2015, 70(3):447-460.
- [4] 李双成, 刘金龙, 张才玉, 等. 生态系统服务研究动态及地理学研究范式[J]. *地理学报*, 2011, 66(12):1618-1630.
- [5] 韩志远, 田向平, 欧素英, 等. 人类活动对磨刀门水道河床地形和潮汐动力的影响[J]. *地理科学*, 2010, 30(4): 582-587.
- [6] 贾建军, 高抒, 薛允传, 等. 山东荣成月湖潮汐汊道系统的沉积物平衡问题——兼论人类活动的影响[J]. *地理科学*, 2004, 24(1):83-88.
- [7] 王道儒, 温晶, 龚文平, 等. 非结构网格三维斜压模型研究人类活动对海南岛清澜潮汐汊道水动力影响[J]. *海洋工程*, 2011, 29(1):53-60.
- [8] 袁麒麟, 李加林, 徐谅慧, 等. 象山港流域河流形态特征定量分析[J]. *海洋学研究*, 2014, 32(3):50-57.
- [9] 黄秀清, 王玉辉, 蒋晓山, 等. 象山港海洋环境容量及污染物总量控制研究[M]. 北京: 海洋出版社: 2008:4-5.
- [10] 尤仲杰, 焦海峰. 象山港生态环境保护与修复技术研究[M]. 北京: 海洋出版社, 2011:45-56.
- [11] 李绵容, 吕颂辉, 梁松. 大鹏湾、大亚湾营养盐含量与赤潮生物关系的初探[J]. *海洋通报*, 1993, 12(2):23-29.
- [12] 郑重. 海洋浮游生物生态学文集[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1996:86-95.
- [13] 浙江省海岸带和海涂资源综合调查报告编写委员会. 浙江省海岸带和海涂资源综合调查报告[M]. 北京: 海洋出版社, 1988:151-169.
- [14] 金腊华, 黄报远, 刘慧璇, 等. 湛江电厂对周围水域生态的影响分析[J]. *生态科学*, 2003, 22(2):165-167.
- [15] 王晓波. 象山港浮游动物群落结构与时空分布研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2010.
- [16] 徐谅慧, 李加林, 李伟芳, 等. 人类活动对海岸带资源环境的影响研究综述[J]. *南京师范大学学报: 自然科学版*, 2014, 37(3):124-131.
- [17] 李加林, 杨晓平, 童亿勤. 潮滩围垦对海岸环境的影响研究进展[J]. *地理科学进展*, 2007, 26(2):43-51.

Research: Tidal Inlet and Ecological System Evolution of Coastal Area of Xiangshangang Bay under Influence of Human Activities

LIU Yong-chao¹, LI Jia-lin^{1,2*}, YUAN Qi-xiang¹, QIAN Ying-ying¹, CHEN Peng¹, JIANG Wen-da³

(1. Faculty of Architectural, Civil Engineering and Environment, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2. Marine Culture and Economic Research Center of Zhejiang Province, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

3. Graduate School, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: Based on the information of TM remote sensing image of 1985, 1995, 2005 and 2014, as well as the marine environmental quality monitoring data in recent years, the features of the ecological system evolution of tidal inlet and its coastal area of Xiangshangang Bay are analyzed under the influence of human activities. It is found that: (1) From 1985 to 2014, the arable land, sea area, beaches, lakes and rivers, and forest take on a downward trend while the area of the construction land, unused land, farming land and salt field tend to have an increasing momentum; (2) The rapid development of the coastal industries of Xiangshangang Bay makes DIN and DIP of water exceed the standard, especially the water quality of IV class and super-class IV; (3) Affected by human activity disturbance, the oceanic biomass and inhabit density of tidal inlet of Xiangshangang Bay show an obvious decline; (4) Ecosystem services of tidal inlet and its coastal area of Xiangshangang Bay have been damaged at an alarming level.

Key words: human activities; tidal inlet; ecological system evolution; Xiangshangang Bay

(责任编辑 史小丽)