

文章编号:1007-7588(2009)05-0875-09

深圳市1978年至2005年海岸线的动态演变分析

李 猷^{1,2}, 王仰麟¹, 彭 建^{1,2}, 吴健生^{1,2}, 吕晓芳^{1,2}

(1. 北京大学城市与环境学院, 北京 100871;

2. 北京大学深圳研究生院, 深圳 518055)

摘 要: 海岸带是目前科学研究的热点区域, 海岸线动态演变是其重要研究内容之一。本文以快速城市化地区深圳市为研究区域, 以1978年、1986年、1995年、1999年和2005年等5期Landsat MSS/TM/ETM+影像为数据源, 利用阈值结合NDVI指数法提取各期海岸线, 系统分析海岸线时空动态演变特征, 并初步探讨其驱动因素。研究表明: ①基于该方法的各类型海岸线遥感影像提取精度较高, 精度均在70%以上; ②研究时段内, 深圳海岸线长度呈现先增长后缩短的变化趋势, 并且西海岸岸线变化相比东海岸更为显著; ③人为造陆是海岸线变化的主要驱动因素, 其作用方式包括滩涂围垦和填海造地; ④地貌环境由海拔、坡度以及岩性地貌因子共同作用形成的地形条件和海岸物质组成, 通过制约人类活动强度和方式, 影响海岸线动态变化。

关键词: 海岸线; 动态演化; 遥感; GIS; 人类活动; 地貌环境; 深圳市

1 引言

海岸带是海洋与陆地的过渡带, 集中了全世界60%的人口, 其中1/3的人口在一百万以上的大城市^[1-3]。作为全球环境变化的敏感地区, 经济发展和人类活动加剧了海岸带的资源环境压力^[4,5]。20世纪90年代海岸带的海陆相互作用成为国际地圈生物圈计划(IGBP)的核心计划, 自此有关海岸带生态环境^[4-8]、资源开发^[9-11]的研究受到普遍关注。

海岸线是海岸与海洋相互作用的前沿, 标识了海陆分界线, 是海岸带最重要的自然要素之一^[12,13]。在自然因素和人类活动的作用下, 海岸线处于不断变化中^[14], 这种变化既是海岸对各种动力作用的响应, 也是海岸环境演变的直接体现^[12]。海岸线对沿海滩涂面积和湿地生态系统衰退具有重要的指示作用^[13], 其变化直接改变潮间带滩涂资源量及海岸带环境, 影响沿海人民的生存发展^[15,16]。因此, 快速准确地监测海岸线变化, 从而为决策部门提供动态的、科学的、及时有效的信息^[17,18], 对进行海岸、滩涂的开发利用和海洋灾害评估等都具有十分重要的

意义^[19]。

遥感技术凭借强大的数据获取能力, 在海岸线调查中具有明显优势^[14]。相关研究多以Landsat TM数据^[12,15-19]和SAR数据^[20]为主要数据源, 结合不同算法提取海岸线。但大部分研究提取的海岸线是卫星过顶时刻拍摄的水陆分界线, 即水边线^[21], 而非真正地理学意义上的海岸线。此外, 研究多着重探讨海岸线形态变化, 而对其驱动因素探讨较少, 特别是人类活动对海岸线变化的影响研究更为鲜见。本研究将海岸线限定为多年大潮平均高潮位的海陆分界线, 并以深圳市为例, 采用Landsat MSS/TM/ETM+影像为数据源, 利用阈值结合NDVI指数法进行岸线提取, 系统分析海岸线动态演变特征, 并初步探讨其驱动因素, 以期为深圳市海岸环境可持续发展提供决策依据。

2 研究区概况与研究方法

2.1 研究区概况

深圳市位于广东省南部沿海, 陆地范围为113°45′44″E~114°37′21″E, 22°26′59″N~22°

收稿日期: 2008-08-02; 修订日期: 2009-03-23

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(编号: 40635028); 国家自然科学基金青年项目(编号: 40801066); 中国博士后科学基金项目(编号: 20070420001; 200801017)。

作者简介: 李猷, 男, 北京人, 硕士生, 主要从事景观生态与土地利用等方面的学习与研究。E-mail: sabonis_ren@163.com

通讯作者: 王仰麟, E-mail: ylwang@urban.pku.edu.cn

51° 49' N, 东临大亚湾, 西濒珠江口, 北靠东莞和惠州, 南接香港新界。地貌类型多样, 由南至北分别为半岛海湾、海岸山脉及丘陵谷地, 地势东南高、西北低, 属亚热带海洋性季风气候, 雨量丰沛。改革开放以来, 大规模工业化和城市化建设使深圳在短时间内迅速完成从传统农业地区向新兴高速城市化地区转变, 同时土地资源的稀缺性业已成为深圳经济增长的重要限制性因素^[22], 随着城市用地的不断扩张, 深圳市不可避免地海洋索取土地资源。截至2000年, 深圳已填海造地26.8km²用于发展海港和城市建设^[23]。大规模海岸建设工程使海岸线变化显著, 对通航条件及海岸海洋环境也产生较大影响。

2.2 数据来源

数据源包括: 1978年Landsat MSS影像(79m); 1986年、1995年和2005年Landsat TM影像(30m); 1999年Landsat ETM+影像(30m); 深圳市地形图; 社会经济统计数据及相关资料。

2.3 研究方法

2.3.1 海岸线提取方法 在ERDAS8.7中进行图像预处理, 包括辐射校正和几何校正, 地面控制点误差小于1个像元。对1978年MSS影像进行30m重采样。鉴于Landsat卫星过境为当地时间上午10点左右, 经查验潮站历史潮位数据(赤湾站), 卫星过境当天上午9点~11点间, 研究区处于高潮位, 因此所用卫星影像可用来提取海岸线。

灰度分割是对一幅灰度取值在 $g_{\min}$ (最小灰度值)和 $g_{\max}$ (最大灰度值)之间的图像确定灰度阈值 T ($g_{\min} < T < g_{\max}$), 像元灰度值大于阈值的为一类, 小于阈值的为一类^[24]。确定某类地物灰度值的变化范围, 在ERDAS8.7中建立模型:

$$p'(x, y) = \begin{cases} a & p(x, y) \leq T \\ b & p(x, y) > T \end{cases} \quad (1)$$

式中 $P(x, y)$ 为像元 (x, y) 的初始灰度值, $P'(x, y)$ 为像元 (x, y) 的灰度分割值, a, b 在0~255之间, 阈值 T 为不同地物灰度值的临界值。对于多种地物, 选取相应灰度值作为阈值, 将多个不同灰度的目标区划分开。

采用TM5波段区分海陆。水体在该波长范围1.55~1.75 μm 的反射率几乎为零, 故可有效区分水陆边界, 并消除水底泥沙对海岸线判读的影响^[25]。按不同海岸类型进行图像裁剪, 各类型海岸线提取

方法如下^[17, 21]: ①基岩海岸, 基岩对光谱的高反射特性使其灰度值明显高于水体, 选择灰度值临界点作为阈值, 进行灰度分割区分海陆, 其边界作为岸线; ②淤泥质海岸, 利用NDVI区分湿生植被(红树林)与滩涂, 以二者靠陆一侧分界线作为岸线; ③砂质海岸, 砂质地物与非砂质地物的含水量不同导致不同灰度值, 选择二者的灰度值临界点, 灰度分割提取边界作为岸线; ④人工海岸, 港口码头和围垦养殖堤坝由水泥和石块构成, 其反射率明显高于水体, 将灰度值进行分割提取边界作为岸线。拼接各类型岸线, 并将各期岸线进行叠加, 得到深圳市5个时期不同地段海岸线的轮廓线图(图1)。

2.3.2 海岸线提取精度检验 在原图像的海岸线上随机选取像元, 并在提取的岸线上找出对应点, 根据发生位移的点的个数确定提取精度^[21]。在每期影像中对各类型海岸分别选取20个像元点, 结果表明, 基岩海岸和砂质海岸提取精度大于90%, 人工海岸大于80%, 淤泥质海岸大于70%, 结果总体准确可靠。

3 结果分析

3.1 海岸线长度变化

1978年~2005年深圳市海岸线由219.8km变为239.4km, 增长19.6km。其中, 西海岸岸线增长13.2km, 东海岸岸线增长6.4km(表1)。西海岸岸线长度变化相比东海岸更为显著。

研究时段内, 全市海岸线先增长后缩短。其中, 1978年~1995年, 西海岸大规模滩涂围垦和填海造地, 使海岸线向海延伸且形态曲折, 增长16.3km; 东海岸在部分岸段填海造地, 岸线增长8.1km。1995年~2005年, 西海岸填海造地工程基本竣工, 海岸线形态趋于平直, 相应缩短3.1km; 东海岸与之类似, 岸线缩短1.7km。

表1 1978年~2005年深圳市海岸线长度变化

Table 1 Length changes of coastline in Shenzhen City

		from 1978 to 2005		(km, %)
		西海岸	东海岸	全市
长度	1978年	76.0	143.8	219.8
	1995年	92.3	151.9	244.2
	2005年	89.2	150.2	239.4
变化	长度 1978年~1995年变化量	16.3	8.1	24.4
	1978年~1995年变化百分比	21.45	5.63	11.10
	1995年~2005年变化量	-3.1	-1.7	-4.9
	1995年~2005年变化百分比	-3.36	-1.12	-2.01

2009年5月

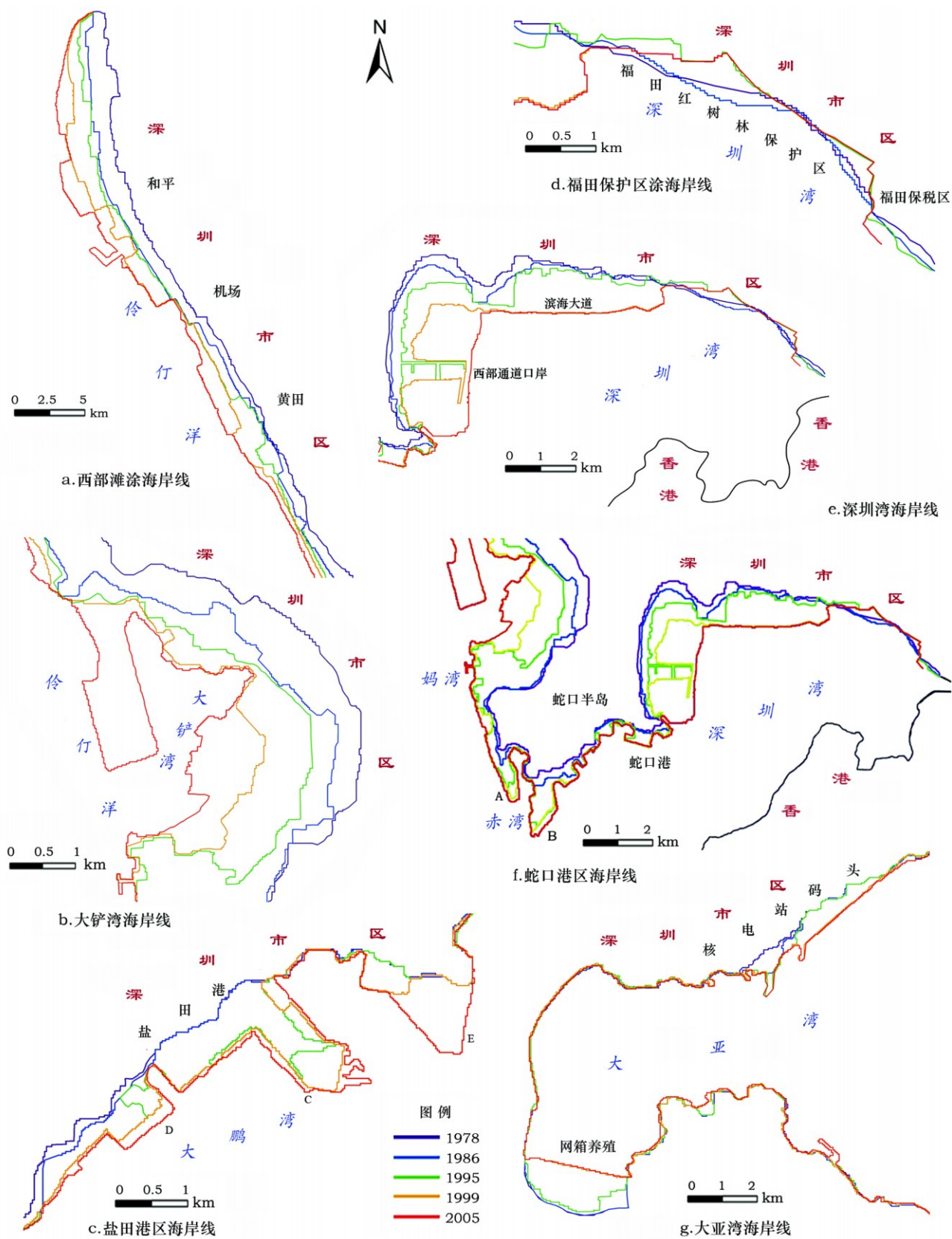


图1 深圳市1978年~2005年海岸线动态

Fig.1 Dynamic Changes of Coastlines in Shenzhen City

理论上,随着人类活动对自然岸线裁弯取直和人工改造,海岸线变短应是十分迅速的^[17],但本研究统计结果并非如此,除去误差因素,原因有二:①人类活动虽使海岸线形态趋于平直,但也会形成新的人工岸线,如滩涂围垦和填海造地会使海岸线向海延伸,增加岸线长度;②在快速发展的沿海地区,海岸线长度变化与海洋工程的阶段性有关,如1978年~1995年,西海岸蛇口港区正值建设,导致该段岸线形态曲折,长度大幅增加;至2005年大部分建设完成,海岸线最终趋于平直,长度缩短。

3.2 典型岸段海岸线变化

研究时段内,西海岸岸线发生显著变化,并以向海延伸为主,极少向陆地后退;东海岸仅部分岸段发生明显变化,以盐田港和大亚湾岸段最为显著。

3.2.1 西部滩涂区海岸线变化 西部滩涂区紧邻珠江口,岸线平直,岸坡平缓,是滩涂围垦的主要区域,如图1aa所示。1978年~1986年,和平以北岸线最大延伸700~800m;1986年~1995年,海岸线最大延伸400~500m,和平至机场段岸线变化很小;1995年~1999年,和平段岸线最大延伸达1000m,机场和黄田段部分岸线没有延伸;1999年~2005年,和平段最大延伸700m,机场段最大延伸500m,黄田段没有变化。

本区处于珠江河口区的最大浑浊带范围,大量泥沙不断淤积使滩涂向海推进^[23],并且强度从北向南递减。北段的滩涂资源相比南段更为丰富,因此围垦导致的海岸线延伸从北向南逐渐减小。

3.2.2 大铲湾海岸线变化 大铲湾是浅水区,1978年以来不断修建鱼塘,遍布整个海湾(图1b)。1978年~1986年,岸线最大延伸800m;1986年~1995年,继续修建鱼塘,岸线平均延伸300~400m;1995年~1999年,岸线最大延伸在海湾中部,达1000m;1999年~2005年,大铲湾港口岸线最大延伸2500m。同时,海湾中部继续围垦,岸线最大延伸800m,使大铲湾海域面积迅速缩小。

3.2.3 蛇口港区海岸线变化 蛇口半岛是深圳重要的加工贸易区,1978年以来填海造地建设港口码头,使海岸线显著变化,如图1c所示。

妈湾港口岸位于蛇口半岛西侧,1987年兴建,因此1978年~1986年本段岸线变化很小。1986年~1999年海岸线最大延伸1300m,之后变化不大。

赤湾港口岸位于蛇口半岛西南端,1982年动工修建。1986年岸线相比1978年小幅延伸。之后的大幅扩建使A、B两处岸线分别延伸1000m和1300m。1999年~2005年岸线变化很小,部分岸线重合。

蛇口港口岸在蛇口半岛东南侧,1979年兴建,岸线变化较小,最大延伸500m。

3.2.4 深圳湾海岸线变化 深圳湾为珠江口东侧中部的半封闭型浅水海湾,海岸线变化主要发生在滨海大道和西部通道口岸,在福田红树林保护区岸线进退交替,如图1d和图1e所示。

西部通道连接深圳蛇口东角头和香港元朗鳌坎石。本岸段原为淤泥质海岸,1978年~1995年有少量围垦,岸线变化不大;之后大规模填海,至1999年海岸线形态明显变化;2005年口岸建设基本完成,海岸线形态规则且平直,并大幅延伸1700m。

滨海大道是深圳湾北岸一条沿深圳湾的快速干线,本段岸线1978年~1995年变化不大;1995年~1999年显著向海延伸1300m;1999年滨海大道竣工,海岸线就此固定。

福田红树林保护区段岸线进退交替,如图1d所示。在1978年为自然状态的淤泥质海岸;1986年出现养殖水面,海岸线小幅延伸;1988年福田红树林保护区晋升为国家级保护区,其边界划定,海岸线向陆后退;1991年设立福田保税区,占用保护区面积达147 hm²,使保护区东侧岸线向海延伸^[26];1999年海滨生态公园落成,岸线最终固定,并与2005年岸线重合。

3.2.5 大亚湾海岸线变化 本段岸线变化以核电站专用码头和网箱养殖两处最为明显(图1f)。核电站码头于1985年启用,后经扩建至1999年岸线平均延伸300m,2005年岸线基本与之重合。网箱养殖岸段1978年~1986年变化很小;1995年网箱养殖处在建设当中,岸线小幅延伸;1999年养殖区外侧堤坝修建完成,海岸线被人工裁弯取直,最大延伸700m;2005年岸线与之重合。

3.2.6 盐田港区海岸线变化 1978年~1986年岸线变化很小;1994年盐田港一期工程开工,在C、D两处进行填海,至1995年C处海岸线最大延伸1500m,D处最大延伸500m;1999年二期工程完成,海岸线形态趋于规则,C处向海延伸2200m;2001年三期工程启动,至2005年E处延伸1100m,C、D两

2009年5月

处也有小幅延伸(图1g)。

表2显示,填海造地使海岸线突变延伸,滩涂围垦使海岸线均匀延伸。淤泥质海岸同时存在滩涂围垦与填海造地,呈现均匀或突变延伸的特点。基岩海岸进行填海造地,海岸线突变延伸。

3.3 海岸线变化驱动因素

3.3.1 人为造陆 海岸线将地表分为陆地和海洋,陆地面积改变引起海岸线变化。深圳市进行大规模人为造陆以增加土地资源,改变了海岸带陆地面积,主要方式包括滩涂围垦和填海造地。滩涂围垦指修建人工堤坝,利用潮间带的泥、沙海滩发展海水养殖,开辟盐田或农田的过程^[27];填海造地指圈围部分海域填土成陆的过程,用以修建港口以及工业和城镇用地^[28]。

对比1978年和2005年两期海岸线和遥感影像,得到深圳市陆地面积变化情况(表3,图2)。1978年~2005年全市新增陆地面积86km²,包括西海岸75.4km²,东海岸10.6km²。其中,全市人为造陆面积82.6km²,包括西海岸73.0km²和东海岸9.6km²,其中填海造地42.7km²,滩涂围垦39.9km²。可以看出,人为造陆面积在全市占新增陆地面积的96%,西海岸为97%,东海岸为91%。结果表明,人为造

陆是海岸带陆地面积增加的主要因素,也是深圳市海岸线变化的主要驱动因素。

3.3.2 地貌环境的影响 地貌环境是人类一切生活最基本的场所和物质基础,在宏观上通过海拔、坡度与岩性等因子制约着人类活动的方式和强度^[29,30]。不同类型海岸的地貌环境存在差异,通过制约人类活动影响海岸线变化。

(1)淤泥质海岸地貌环境。淤泥质海岸主要分布在西部滩涂地区和深圳湾,为宝安、南山和福田区所辖。图3显示,西海岸沿海地区海拔多在10m以下,大部分地区小于5m,坡度小于4°。海岸由粉沙和黏土构成。

(2)基岩海岸地貌环境。基岩海岸少量分布在

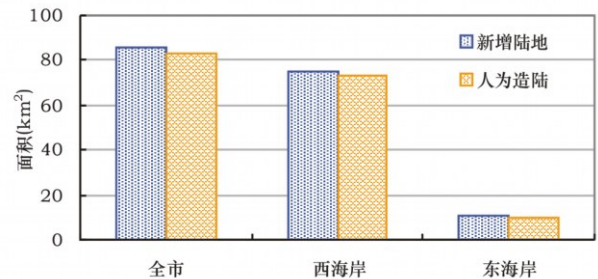


图2 1978年~2005深圳市陆地面积变化

Fig.2 Changes of land area in Shenzhen City from 1978 to 2005

表2 深圳市典型岸段1978年~2005年海岸线延伸量统计

Table 2 The extensions of the coastline in typical area in shenzhen City during 1978~2005

(m)

岸段		1978 ~ 1986	1986 ~ 1995	1995 ~ 1999	1999 ~ 2005	人类活动方式	地貌类型
西部滩涂	和平以北	700 ~ 800	400 ~ 500	1000	700	滩涂围垦	淤泥质
	和平—机场	400 ~ 500	<200	300	500		
	机场—黄田	200	200	300	500		
	黄田以南	400 ~ 500	<200	<200	<200		
大铲湾	湾顶	800	400	1000	800	滩涂围垦/填海造地	基岩
	湾口		800		2500		
蛇口半岛	妈湾	<200	1300		<200	填海造地	基岩
	赤湾	<200	>1000		<200		
	蛇口		500				
深圳湾	滨海大道	200		1300	重合	滩涂围垦/填海造地	淤泥质
	西部通道	300		1700			
	福田保护区		进退交替				
盐田港	一期	<200	1500	—	—	填海造地	基岩
	二期	—	—	700	—		
	三期	—	—	—	1100		
大亚湾	核电站码头	<200	<200	300	<200	填海造地	基岩
	网箱养殖	重合	<200	700	重合	拦海大堤**	

注:(1)*延伸量均为最大延伸量;(2)**归类为填海造地。

表3 1978年~2005年深圳市人为造陆面积
Table 3 The area of the land man-made in Shenzhen City

		from 1978 to 2005		(km ²)
位置	区域	人为造陆	面积	总计
西部滩涂	西海岸	滩涂围垦	39.9	73.0
大铲湾湾顶	-	-	-	-
大铲湾港口	-	填海造地	33.1	-
妈湾港口区	-	-	-	-
赤湾港口区	-	-	-	-
蛇口码头区	-	-	-	-
西部通道填海区	-	-	-	-
滨海大道填海区	-	-	-	-
福田保税区	-	-	-	-
盐田港	东海岸	填海造地	9.6	9.6
大亚湾核电站码头	-	-	-	-
网箱养殖	-	-	-	-
总计	-	-	-	82.6

蛇口半岛,其余分布在东海岸地区,包括盐田区和大鹏半岛。海岸为花岗岩山地直接临海,水底坡度大^[23],海拔较高,尤其在大鹏和南澳部分地区大于180m;另外本区坡度较陡,多在15~35°之间。

(3)砂质海岸地貌环境。砂质海岸分布在东海岸地区,由花岗岩山地供应风化碎屑,在港湾内形成砂质海滩,由沙和砾石组成,具有低海拔坡度缓的地形条件。

表4显示地貌环境对海岸线变化的影响:①淤泥质海岸与基岩海岸地形条件相反,人类活动程度从低平地区逐渐向高峻地区递减^[25],使得淤泥质海岸全面进行滩涂围垦和填海造地,海岸线变化明显;基岩海岸除局部岸段外,未进行大规模开发,总体上海岸线变化不明显;②淤泥质海岸与砂质海岸

地形条件相似,而海岸物质组成不同,淤泥质海岸由粉沙和黏土等细颗粒物物质构成,可以进行开发强度较大的滩涂围垦和填海造地;砂质海岸由沙和砾石组成,目前以旅游开发为主,开发强度较弱,并在高潮线上修建防浪堤^[30],岸线变化不明显;③西海岸主要为淤泥质海岸,东海岸则由基岩海岸和砂质海岸组成,因此西海岸岸线变化明显,东海岸则相反。

4 结论与讨论

深圳市海岸线在1978年~2005年近30年时段内发生了复杂变化,主要体现在海岸线长度和形态变化两方面。通过Landsat卫星影像,利用阈值结合NDVI指数法对深圳市海岸线变化进行研究,基本掌握了区内海岸线长度和形态变化的特征和规律,为深圳市海岸环境可持续发展规划提供科学依据。同时初步探讨了人类活动和地貌环境对海岸线变化产生的作用和影响,为揭示快速城市化地区海岸线变化的驱动和影响因素进行了有益的探索。

海岸线演变会引起海岸带资源与环境变化,是研究海岸带可持续发展的重要领域。以本研究为基础,未来将进一步探讨海岸线演变可能造成的海岸带资源与环境变化,包括:

(1)水动力条件。海岸线形态变化可改变局地海岸地形,影响附近海域潮汐和波浪等水动力条件,导致泥沙运移状况改变,从而对港口航道淤积、河口冲淤、河道排洪及台风暴潮增水等带来影响。

(2)近岸水质变化。滩涂围垦和填海造地所产生的工业废水以及垦区海水养殖废水成为近岸水质污染的主要因素^[31]。此外,港口建设和围垦养殖导致岸线变化会减少海湾纳潮量,降低污染物扩散能力,加剧水质污染程度。

表4 地貌环境对海岸线变化的影响

Table 4 The impact of geomorphological environment on coastline changes

类型	海拔	坡度	海岸物质组成	人类活动方式	开发范围	开发强度	主要分布	岸线变化
淤泥质海岸	低	缓	粉沙和黏土	滩涂围垦/填海造地	全面	强	西海岸	明显
基岩海岸	高	陡	花岗岩	填海造地	局部	强	东海岸	不明显
砂质海岸	低	缓	沙和砾石	旅游	全面	弱	东海岸	不明显

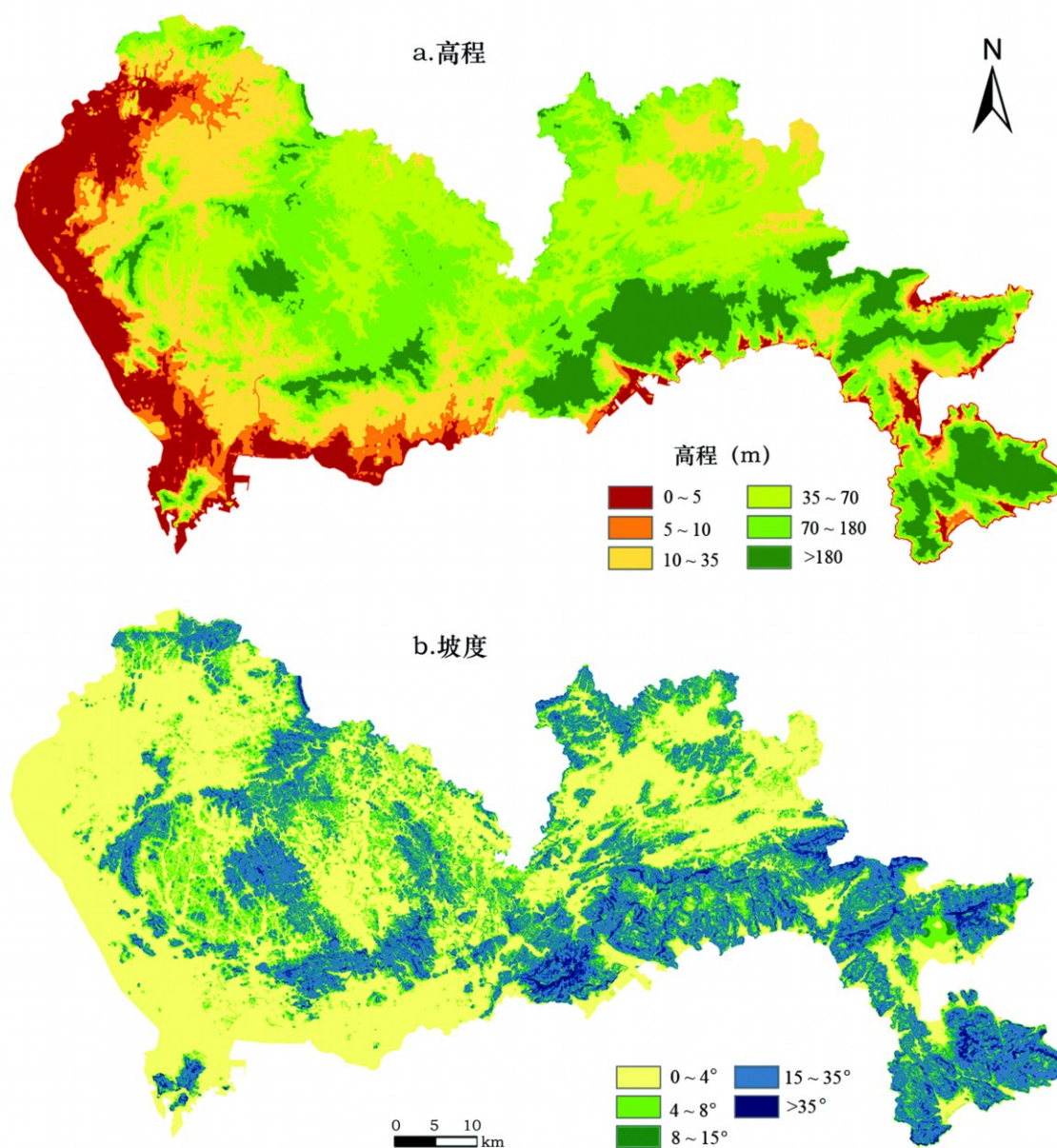


图3 深圳市高程和坡度的空间差异

Fig.3 DEM and slope map of Shenzhen

参考文献 (References):

- [1] 陈述彭. 海岸带及其持续发展[J]. 遥感信息, 1996, (3): 6 ~ 12. [CHEN Shupeng. Coastal zone and its sustainable development[J]. *Remote Sensing Information*, 1996, (3): 6 ~ 12.]
- [2] 杨晓梅, 轴承虎, 杜云艳, 等. 海岸带遥感综合技术与实例研究[M]. 北京: 海洋出版社, 2005. [YANG Xiaomei, ZHOU Chenghu, DU Yunyan, et al. *Remote Sensing Integrated Technology in Coastal Zone and Case Studies*[M]. Beijing: China Ocean Press, 2005.]
- [3] 夏东兴. 海岸带与海岸线[J]. 海岸工程, 2006, 25: 13 ~ 20. [XIA Dongxing. Coastal zone and coastline[J]. *Coastal Engineering*, 2006, 25: 13 ~ 20.]
- [4] 欧维新, 杨桂山, 于兴修, 等. 盐城海岸带土地利用变化的生态环境效应研究[J]. 资源科学, 2004, 26(3): 76 ~ 83. [OU Weixin, YANG Guishan, YU Xingxiu, et al. Effect of coastal land use changes on eco-environment in the coastal zone of Yangcheng[J]. *Resources Science*, 2004, 26(3): 76 ~ 83.]
- [5] 李扬帆, 朱晓东. 海岸湿地资源环境压力特征与区域响应研究[J]. 资源科学, 2006, 28(3): 108 ~ 113. [LI Yangfan, ZHU Xiaodong. Resource-environmental pressure and regional response in coastal wetlands: a case study in Yancheng natural reserve of Jiangsu Province[J]. *Resources Science*, 2006, 28(3): 108 ~ 113.]
- [6] 彭建, 王仰麟, 刘松, 等. 海岸带土地持续利用景观生态评价[J]. 地理学报, 2003, 53(3): 363 ~ 371. [PENG Jian, WANG Yanglin, LIU Song, et al. Landscape ecological evaluation for

- sustainable coastal land use[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 53(3): 363 ~ 371.]
- [7] Ivan Valiela and Sophia E. Fox. Managing coastal wetlands[J]. *Science*, 2008, 319: 290 ~ 291
- [8] Edward B. Barbier, Evamaria W. Koch. Coastal ecosystem-based management with nonlinear ecological functions and values[J]. *Science*, 2008, 319: 321 ~ 323
- [9] 伍家平. 广西海岸带国土资源及其开发战略[J]. 资源科学, 1998, 20(2): 46 ~ 52. [WU Jiaping. Land resources and their development strategy in coastal zone of Guangxi, China[J]. *Resources Science*, 1998, 20(2): 46 ~ 52.]
- [10] 刘高焕, 刘庆生, 叶庆华, 等. 黄河三角洲土地利用动态监测与海岸带综合管理[J]. 资源科学, 2006, 28(5): 171 ~ 175. [LIU Gaohuan, LIU Qingsheng, YE Qinghua, et al. Monitoring ecosystem change and land resources utilization in the Yellow River delta[J]. *Resources Science*, 2006, 28(5): 171 ~ 175.]
- [11] 葛云健, 张忍顺, 杨桂山. 创建盐城国家滨海湿地公园的构想[J]. 资源科学, 2007, 29(1): 106 ~ 111. [GE Yunjian, ZHANG Renshun, YANG Guishan. An idea of setting up national wetland park in Jiangsu coast wetland [J]. *Resources Science*, 2007, 29(1): 106 ~ 111.]
- [12] 黄鹄, 胡自宁, 陈新庚. 基于遥感和GIS相结合的广西海岸线时空变化特征分析[J]. 热带海洋学报, 2006, 25(1): 66 ~ 70. [HUANG Hu, HU Zining, CHEN Xingeng. Analyses on spatial and temporal changes of Guangxi shoreline based on remote sensing and GIS[J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2006, 25(1): 66 ~ 70.]
- [13] 宋平舰, 张杰, 宋纬. 基于不动点计算的岸线动态分析方法[J]. 电子与信息学报, 2006, 28(1): 72 ~ 75. [SONG Pingjian, ZHANG Jie, SONG Wei. A dynamic analysis method of coastline based on the computation of stationary points[J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2006, 28(1): 72 ~ 75.]
- [14] 刘宝银, 等. 中国海岸带与海岛遥感调查[M]. 北京: 海洋出版社, 2005. [LIU Baoyin, et al. China's Coastal Zone and Islands Remote Sensing Survey[M]. Beijing: China Ocean Press, 2005.]
- [15] 蔡则健, 吴曙亮. 江苏海岸线演变趋势遥感分析[J]. 国土资源遥感, 2003, (3): 19 ~ 23. [CAI Zejian, WU Shuliang. Remote sensing analysis of the coastline development in Jiangsu province [J]. *Remote Sensing for Land and Resources*, 2003, (3): 19 ~ 23.]
- [16] 陶明刚. Landsat-TM 遥感影像岸线变迁解译研究[J]. 水文地质工程地质, 2006, (1): 107 ~ 110. [TAO Minggang. Interpretation of coastline changes based on Landsat-TM remote sensing images [J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2006, (1): 107 ~ 110.]
- [17] 孙美仙, 张伟. 福建省海岸线遥感调查方法及其应用研究[J]. 台湾海峡, 2004, 23(2): 213 ~ 218. [SUN Meixian, ZHANG Wei. Study on coastline remote sensing survey and application in Fujian Province[J]. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2004, 23(2): 213 ~ 218.]
- [18] 李学杰. 应用遥感方法分析珠江口伶仃洋的海岸线变迁及其环境效应[J]. 地质通报, 2007, 26(2): 215 ~ 222. [LI Xuejie. Application of the remote sensing method in the analysis of the shoreline change and its environmental impact in the Lingdingyang Bay, Pearl River estuary, Guangdong, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 2007, 26(2): 215 ~ 222.]
- [19] 于永海, 苗丰民, 张永华, 等. 辽—冀与津—冀临界区海岸演变卫星遥感分析[J]. 国土资源遥感, 2003, (3): 30 ~ 32. [YU Yonghai, MIAO Yongmin, ZHANG Yonghua, et al. Satellite remote sensing analysis of coastal evolution along Liaoning-Hebei and Hebei-Tianjin border areas[J]. *Remote Sensing for Land and Resources*, 2003, (3): 30 ~ 32.]
- [20] 马小峰, 赵冬至, 张丰收, 等. 海岸线卫星遥感提取方法研究进展[J]. 遥感技术与应用, 2007, 22(4): 575 ~ 580. [MA Xiaofeng, ZHAO Dongzhi, ZHANG Fengshou, et al. An overview of means of withdrawing coastline by remote sensing[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2007, 22(4): 575 ~ 580.]
- [21] 马小峰, 赵冬至, 邢小罡, 等. 海岸线卫星遥感提取方法研究[J]. 海洋环境科学, 2007, 26(2): 185 ~ 189. [MA Xiaofeng, ZHAO Dongzhi, XING Xiaogang, et al. Means of withdrawing coastline by remote sensing[J]. *Marine Environmental Science*, 2007, 26(2): 185 ~ 189.]
- [22] 王爱民, 刘加林, 尹向东. 深圳市土地供给与经济增长关系研究[J]. 热带地理, 2005, 25(1): 19 ~ 27. [WANG Aimin, LIU Jialin, YIN Xiangdong, et al. Consideration on the rational land use of small towns in Hunan province[J]. *Tropical Geography*, 2005, 25(1): 19 ~ 27.]
- [23] 朱大奎. 深圳海岸海洋环境与空间规划研究[J]. 第四纪研究, 2005, 23(1): 45 ~ 53. [ZHU Dakui. Studies on coastal zone environment and planning in Shenzhen area, China[J]. *Quaternary Sciences*, 2005, 23(1): 45 ~ 53.]
- [24] 戴昌达. 遥感图像应用处理与分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002. [DAI Changda. Processing and Analysis of Remote Sensing Image[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2002.]
- [25] 张景奇. 海岸线不同解译标志对解译结果的影响研究[J]. 吉林师范大学学报(自然科学版), 2006. [ZHANG Jingqi. Analysing the different results with different standards of interpretation[J]. *Journal of Jilin Normal University (Natural Science Edition)*, 2006.]
- [26] 郭伟, 朱大奎. 深圳围海造地对海洋环境影响的分析[J]. 南京大学学报(自然科学版), 2005, 41(3): 286 ~ 296. [GUO Wei, ZHU Dakui. Reclamation and its impact on marine environment in Shenzhen area, China[J]. *Journal of Nanjing University (Natural Sciences)*, 2005, 41(3): 286 ~ 296.]
- [27] 海洋科技名词审定委员会. 海洋科技名词[M]. 北京: 科学出版社, 2007. [Examining committee in terms of marine science and technology. Marine Science and Technology Terminology[M]. Beijing: Science Press, 2007.]
- [28] 辽宁省海洋局《海洋大辞典》编辑委员会. 海洋大辞典[M]. 辽宁: 辽宁人民出版社, 1998. [Editorial committee of Oceanic Administration of Liaoning Province "Marine Dictionary". Marine Dictionary[M]. Liaoning: Liaoning People's Press, 1998.]
- [29] 卜心国, 王仰麟, 吴健生. 深圳快速城市化中地形对景观垂直格局的影响[J]. 地理学报, 2008, 63(1): 75 ~ 82. [BU Xinguo,

- WANG Yanglin, WU Jiansheng. The effect of landform on landscape pattern vertical differentiation in rapidly urbanized Shenzhen City[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63(1): 75 ~ 82.]
- [30] 郭伟, 李书恒, 朱大奎. 深圳东部海岸地貌环境与可持续发展[J]. *地理学报*, 2007, 62(4): 376 ~ 38. [GUO Wei, LI Shuheng, ZHU Dakui. Geomorphological environment and sustainable development of Shenzhen east coastal zone[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(4): 376 ~ 38.]
- [31] 李加林, 杨晓平, 童亿勤. 潮滩围垦对海岸环境的影响研究展[J]. *地理科学进展*, 2007, 26(2): 43~51. [LI Jialin, YANG Xiaoping, TONG Yiqin. Progress on environmental effects of tidal flat reclamation[J]. *Progress in Geography*, 2007, 26(2): 43~51.]

Research on Dynamic Changes of Coastline in Shenzhen City based on Landsat Image

LI You^{1,2}, WANG Yanglin¹, PENG Jian^{1,2}, WU Jiansheng^{1,2}, LV Xiaofang^{1,2}

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Shenzhen Graduate School of Peking University, Shenzhen 518055, China)

Abstract: Coastal zone has become a hot spot of research in recent years and research on dynamic changes of coastline has played an increasingly important role in it. This paper takes the rapid urbanization area of Shenzhen city as the study area, since Shenzhen has become one of the most important cities in China after the reform and opening-up. Its coastline has greatly changed because of large amount of constructions in the coastal zone. With the aid of technologies, including remote sensing and geographic information system(GIS) software such as ERDAS8.7 and ArcGIS9.2, we depict the coastlines of Shenzhen by using five Landsat MSS/TM/ETM+ images of the year of 1978, 1986, 1995, 1999 and 2005 with the method which combines threshold and NDVI index. In addition, we also systematically analyze the characteristics of coastline changes during the study period and conduct initial discussions on its driving factors. The results show that: during the study period, based on the method combining threshold and NDVI index, the average accuracy of depicting each kind of coastline is above 70%, which is acceptable in this research. In addition, the length of coastline increases from 1978 to 1995 at first and reduces since 1995, and the extent of changes on the west coast is much more significant than that on the east coast. Meanwhile, as the main driving factor, human activities, including beach reclamation and land reclamation, have greatly aggravated the changes of coastline, and the intensity of human activities on the west coast is also much more noticeable than that on the east coast. Besides human activities, geomorphologic environment also has considerable impact on the changes of coastline. Geomorphologic environment is composed of factors such as altitude, slope and lithology. Through affecting the intensity and means of human activities, geomorphology environment also affects the changes of coastline. Thus the driving factors of changes of coastline are constituted of human activities and geomorphology environment. In the end, we discuss the expectation of relative research in the future. It is necessary to focus on the condition of water kinetics. As the changes of the coastline, the shape of the landform also changes, which may result in the deposition of mud and sand in the bayou and influences the normal ship transport. In addition, the change of coastal shapes may also intensify the harmful pollutions.

Key words: Coastline; Dynamic change; Remote sensing; GIS; Human activity; Geomorphologic environment; Shenzhen city