

近30a来胶州湾潮间带动态变化分析

杨 慧,李国庆,周 越,刘逸洁,王蒙蒙

(鲁东大学资源与环境工程学院,山东 烟台 264025)

摘要:本研究基于1984~2016年间的3个时期遥感影像及潮汐潮位资料,利用相同潮位对比法,分析了胶州湾潮间带的面积及质心的空间分布特征和动态演变规律.结果表明,近30a来胶州湾潮间带减少明显.1984~2001年潮间带面积减少了52.80 km²,2001~2016年潮间带面积减少了8.10 km².潮间带质心偏移最明显的区域为黄岛地区.1984~2001年该区域质心向东南方向偏移量达1 061.48 m;2001~2016年该区域质心向东北方向偏移达2 881.64 m.在不同时间段内,引起潮间带面积和质心变化的原因并不相同.1984~2001年潮间带面积的减少和潮间带质心位置的偏移主要是由海水养殖规模的扩大和盐田的建造引起的;而2001~2016年潮间带面积的减少和潮间带质心的偏移主要是由于盐田、养殖池废弃,代之以大规模的填海造陆活动引起的;除此之外,河口泥沙淤积、冲刷等现象也对潮间带面积的变化和潮间带质心位置的偏移产生了一定的影响.

关键词:海洋资源与开发;演变监测;填海造陆;潮间带;胶州湾

DOI:10.3969/J. ISSN. 2095-4972. 2018. 02. 018

中图分类号:P74

文献标识码:A

文章编号:2095-4972(2018)02-0294-07

潮间带是指海水涨至最高时所淹没的地方开始至潮水退到最低时露出水面的范围,是一种重要的湿地资源,是全球变化影响极为敏感的地带^[1].近年来潮间带资源和环境发生了前所未有的变化,阻碍了潮间带地区的可持续发展.人们迫切希望能及时、准确、高效地获取潮间带地区的地物信息及其动态变化,并且研究潮间带长期及近期的演变规律及其影响因素,以实现潮间带地区资源科学管理和持续利用.国内外许多学者利用遥感手段进行了海岸带的动态监测^[2],胶州湾海岸带受人类活动影响尤为明显,但目前对胶州湾海岸带的研究主要集中于胶州湾湿地的动态变化监测、海岸带生态健康评价体系的构建、海岸带土地利用类型变化监测等^[3-8],利用遥感手段进行该区潮间带时空演变监测并且细致分析该区潮间带近期演变规律及影响因素的研究还鲜见.本研究以山东省青岛市胶州湾地区为研究区域,基于ENV 15.1、Arcgis 10.2软件,利用相同潮位对比的方法对研究区30多年来潮间带的动态变化过程进行分析,揭示其演变机制,可为潮间带生态健康评价体系提供基础数据,以期为潮间带的生态

建设提供依据,从而实现潮间带地区的科学管理和持续利用.

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

胶州湾位于黄海之滨,山东半岛的南岸,环湾地带均为青岛市辖区.胶州湾介于35°58'~36°18'N, 120°04'~120°23'E之间,以团岛头(36°02'36"N, 120°16'49"E)与薛家岛(36°00'53"N, 120°17'30"E)连线为界的半封闭海湾^[9],如图1所示.胶州湾及其附近地区属于温带季风气候,多年平均气温为12.2℃,平均降水量为736.2 mm;胶州湾属规则半日潮类型,有低潮日不等现象,青岛平均海平面为2.42 m,以大港高程的潮位控制,平均高潮位为3.81 m,平均低潮位为1.02 m,平均潮差为2.78 m^[10].

胶州湾潮间带生态资源丰富,浮游植物有174种,浮游动物有148种,底栖生物有6个群落,其中不少栖息生物具有重要的经济意义.除此之外,胶州湾潮间带是过境候鸟中途停歇、补充能量的“驿站”和珍稀水鸟的重要越冬区、繁殖区^[11].

收稿日期:2017-06-09

基金项目:山东省高校科技发展计划资助项目(J16LH51);国家自然科学基金青年基金资助项目(41601598)

作者简介:杨慧(1995~),女,本科生;E-mail:1507713459@qq.com

通讯作者:李国庆(1982~),男,讲师;E-mail:ligqing@foxmail.com

1.2 遥感数据选取

本研究利用多源遥感数据对研究区的潮间带动态变化进行监测,选择美国 Landsat 系列卫星、HJ1A-CCD 影像数据作为本次研究的数据源,其中

1984、2001 年的 Landsat 系列卫星数据从地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>) 获得,2016 年的 HJ1A-CCD 影像数据从中国资源卫星应用中心(<http://www.cresda.com>) 获得。

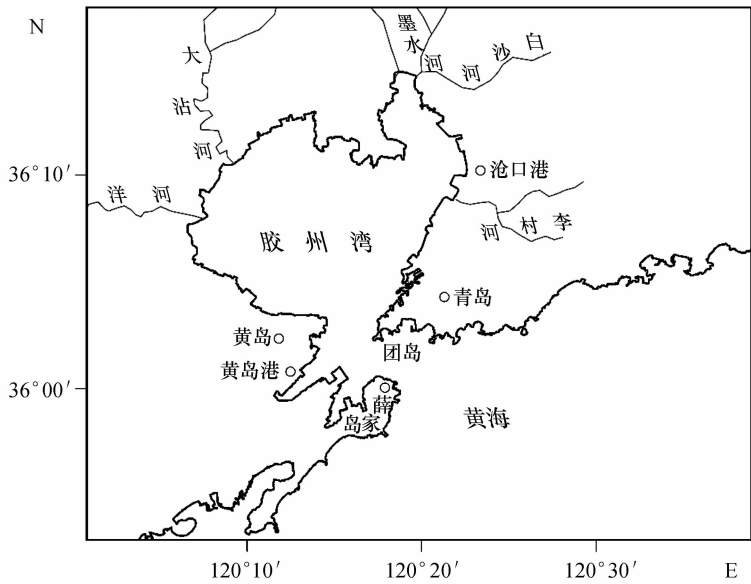


图 1 研究区位置
Fig. 1 Location of the study area

1.3 研究方法

1.3.1 潮间带的确定 潮间带上边界在图像上显示非常直观,1984 年以来,潮上带大部分被开发为盐田和养殖池,潮间带直接与人工堤坝相连,其他区域多为基岩岸线^[12],潮滩显示的影像特征是较均匀平滑细腻的影纹,根据这些特征可直接以养殖池、盐田、海港等人工海岸建设和基岩岸线的外边界作为潮间带上边界^[13],以砂质海岸与非砂质海岸的分界线、淤泥质海岸与其他地物的分界线作为潮间带上边界.利用目视解译的方式进行瞬时水边线提取,以瞬时水边线作为潮间带下边界^[14],并于 2016 年利用无人机携带的厘米级 GPS 对潮间带瞬时水边线

实地验证,具体过程见“1.3.2”.潮间带的确定具体过程如下:

①参照国家海洋信息中心出版的 1984 ~ 2016 年的潮汐表(参考港口为青岛港)及遥感影像成像时间,求出影像成像时刻的瞬时潮高^[15],筛选出对比年份潮情一致且瞬时潮高相差小于 2 cm 的遥感数据,如表 1 所示,其计算公式如下:

$$H = h_L + \Delta h \times \frac{1}{2} \left(1 - \cos \frac{T}{t} \times 180^\circ \right) \quad (1)$$

式(1)中: H 为任意时刻潮高(cm), h_L 为低潮潮高(cm), Δh 为潮差(cm), t 为落潮或涨潮的时间间隔(s), T 为任意时与低潮时的时间间隔(s).

表 1 青岛港低潮时遥感影像成像时刻与潮情统计

Tab. 1 Statistics of scene center time of the RS data and tidal information during low tide in Qingdao Harbor

日期	数据源	低潮		高潮		接收数据时		
		潮时	潮高/cm	潮时	潮高/cm	成像时间	影像潮位/cm	潮情
1984. 03. 28	Landsat4-MSS	09:01	95	15:15	356	10:03	112. 36	涨潮
2001. 04. 20	Landsat5-TM	09:29	100	15:23	368	10:15	110. 99	涨潮
2016. 09. 29	HJ1A-CCD2	10:14	107	15:32	414	10:32	109. 87	涨潮

②以 Landsat8-OLI 为基准,选择控制点对 HJ1A-CCD2 数据进行配准,采用了双线性内插法作为重采样的方法,使得上述影像 RMS 误差控制在 1

个像元以内.
③参照王小丹等(2014)的研究方法^[14],对表 1 中的遥感数据,采用上述方法提取 1984、2001、2016

年的潮间带下边界线. 通过围合上下边界线,得到各个年份的潮间带,再利用 GIS 空间分析工具计算不同年份的潮间带范围,从而进行不同年份潮间带变化情况分析.

1.3.2 解译结果进行精度验证 用野外测量得到的 GPS 岸线采样点作为参照数据集,与上述解译结果对应的岸线特征点的平面坐标进行比较,计算均方根误差,然后计算平均相对误差^[16],通过以上 2 个指标来进行误差分析,计算公式如下:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - X'_i)^2 + \sum_{i=1}^N (Y_i - Y'_i)^2}{N}} \quad (2)$$
$$MRE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [(X_i - X'_i)/X'_i]^2 + \sum_{i=1}^N [(Y_i - Y'_i)/Y'_i]^2}{N}} \quad (3)$$

式(2、3)中: $RMSE$ 为均方根误差 (m), MRE 为相对误差, (X_i, Y_i) 为实地控制点坐标, (X'_i, Y'_i) 为实地控制点在遥感影像图上的对应点坐标, N 为采样点数目(个), $RMSE$ 和 MRE 的值越小,则表明提取精

度越高. 利用上述公式验证发现: $RMSE$ 为 23.72 m, $MRE=0.04$,表明各个时相岸线提取技术方案可行^[17],提取结果的精度均较优.

1.3.3 潮间带质心变化 本研究利用 Arcgis10.2 中的空间统计工具计算得到各个年份潮间带的面积加权质心,从而研究 1984~2016 年潮间带质心的空间变化情况,具体计算公式^[18]如下:

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^m (C_{ti} \cdot X_i)}{\sum_{i=1}^m C_{ti}} \quad (4)$$

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^m (C_{ti} \cdot Y_i)}{\sum_{i=1}^m C_{ti}} \quad (5)$$

式(4、5)中: X_t, Y_t 分别为第 t 年潮间带斑块质心的经纬度, C_{ti} 为第 t 年 第 i 个潮间带斑块的面积 (m), X_i, Y_i 分别为潮间带的各个斑块的经纬度.

2 结果与讨论

2.1 潮间带面积变化分析

利用 Arcgis10.2 分别对 1984~2001 年潮间带和 2001~2016 年潮间带的分布范围进行叠加对比,如图 2 所示.

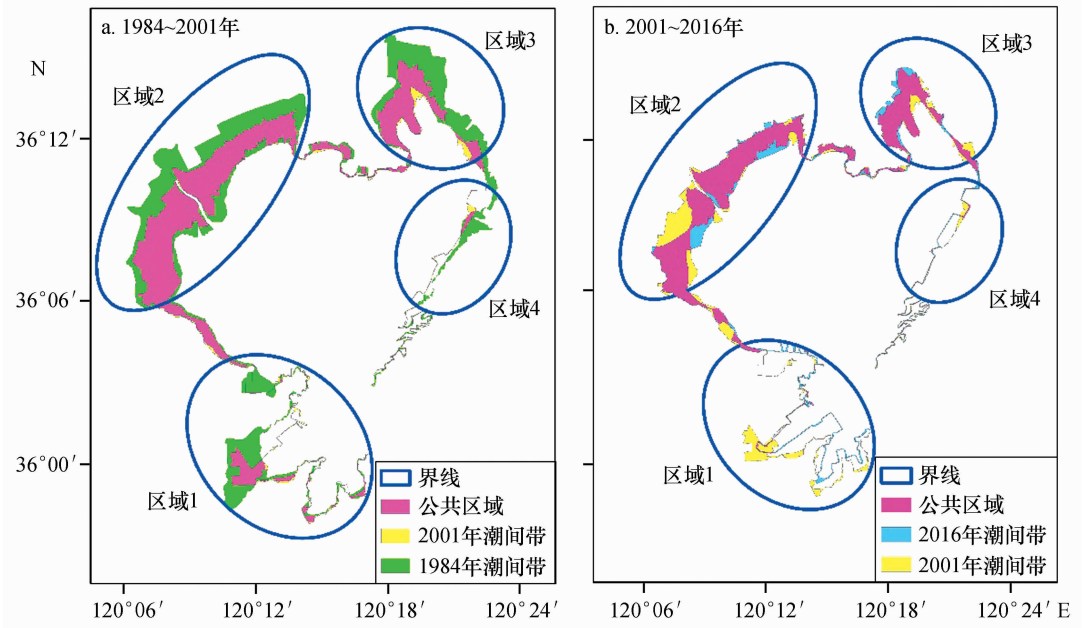


图2 不同时期潮间带分布范围对比

Fig.2 Comparison of the distribution of the tidal zone among different periods

由图2可以看出,1984年到2016年这30多年来,出现了4个变化最为明显的典型区.1984年到2001年潮间带面积减少了52.80 km²,减少区域主要集中在区域1(黄岛地区)、区域2(大沽河流域和洋河流域)、区域3(白沙河和墨水河流域)、区域4(李村河流域).2001年到2016年潮间带面积依然

呈现减少现象,这段时间内潮间带面积减少了8.10 km²,区域1、区域2潮间带面积呈现了明显减少的趋势,区域3面积变化相对复杂,但区域3内部潮间带面积总量基本不变,区域4面积变化不明显.

1984~2001年期间,潮间带面积以减少为主,主要是由下面几个原因造成的:区域1潮间带面积

减少主要是由于黄岛前海港、黄岛港输油码头等大型围填海工程的增多占用了大面积的潮间带^[19]. 区域 2 潮间带面积减少主要是由于盐田、养殖池占用了大面积的自然潮滩,而且大沽河河口处存在着轻微的泥沙冲刷^[20]. 区域 3 主要是由于该区域进行了大范围的海水养殖、晒盐活动,占用了大面积的自然潮滩^[21],使得潮间带上部面积大幅度减少,虽然在该区域内泥沙以淤积为主,使得潮间带下部面积少量增加,但是潮间带面积减少的数量远远大于潮间带面积增加的数量,所以总的看来潮间带面积减少. 区域 4 潮间带面积减少主要是由于电厂煤灰池、沧口港、化工厂填海等人工填海工程的建设占用了大面积的潮间带^[22].

2001~2016 年期间,区域 1 潮间带面积减少主要是由于黄岛南部至薛家岛区域大规模的港口扩建活动占用了大面积的潮间带^[23]. 区域 2 由于大规模的养殖池和盐田被裸地和建设用地占用,填海造陆现象比较明显,占用了大范围的上部潮滩,潮滩下部

由于泥沙侵蚀水平和淤积水平相当,所以下部潮滩面积变化很小,总体来看,潮间带面积呈减少趋势. 区域 3 墨水河下游潮间带范围局部增加,白沙河入海口处的潮间带面积减少,主要原因是墨水河下游发生了大范围的养殖池丢弃现象,而白沙河入海口处的潮间带被大规模的建筑用地和裸地占用^[6],并且下部潮滩以侵蚀为主,总的看来,增加的潮滩面积与减少的潮滩面积数量相当,所以潮间带面积基本不变. 区域 4 基本上只是发生了由自然岸线向人工岸线的转化,所以潮间带面积变化不明显.

2.2 潮间带质心变化分析

利用 Arcgis10.2 软件的空间统计工具依次生成各年份上述 4 个区域潮间带的面积加权质心,如图 3 所示. 结果表明,近 30a 来,潮间带的质心均向胶州湾内发生了不同程度的偏移,1984~2001 年期间区域 1~4 潮间带偏移均较明显;在 2001~2016 年这段时间内区域 1 偏移最为明显,区域 2~4 偏移幅度较小.

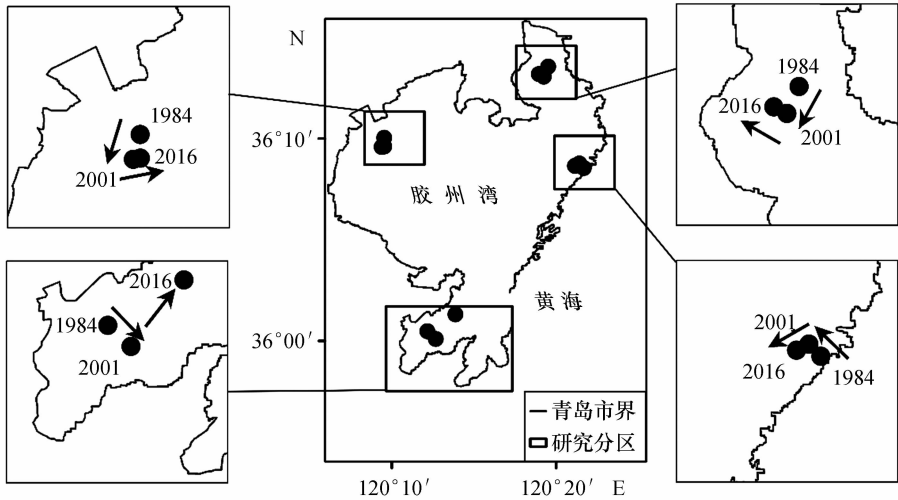


图 3 1984~2016 年各区域潮间带质心的变化

Fig. 3 Changes of the tidal zone centroid from 1984 to 2016

1984~2001 年,区域 1 质心向 SE 向偏移 1 061.48 m,区域 2 质心向 SW 向偏移 875.85 m,区域 3 质心向 SW 向偏移 1 003.58 m,区域 4 质心向 NW 向偏移 577.66 m,潮间带偏移距离均超过 500.00 m,所以在 1984~2001 年这段时间内区域 1~4 潮间带偏移相对来说比较明显;2001~2016 年间,区域 1 质心向 NE 向偏移 2 881.64 m,区域 2 质心向 SE 向偏移 244.48 m,区域 3 质心向 NW 向偏移 498.28 m,区域 4 质心向 SW 向偏移 473.47 m,区域 1 潮间带偏移距离远远超过 500.00 m,所以在 2001~2016 年这段时间内区域 1 偏移最为明显,区

域 2~4 偏移距离均较小.

1984~2001 年期间,区域 1~4 潮间带偏移相对来说比较明显,如图 3 所示. 由于受到内外贸易一体化政策的影响,临港工业及港口开发迅速发展,引发黄岛地区以强烈的围填海形式向海扩张^[12],占用了黄岛北部大面积的自然潮滩,导致了区域 1 潮间带质心向 SE 方向发生了大幅度偏移现象. 在 1984~2001 年期间,养殖业发展迅速,导致白沙河河口以北养殖向海继续扩张,而大沽河以南盐田也被改造为养殖池并向海扩张,再加上大沽河河口的冲刷作用,导致区域 2 潮间带质心向湾内(SW 向)偏移.

由于 80 年代末大力发展对虾养殖业,盐业生产相对过剩,促使一部分盐田改为养殖区导致盐田面积一度缩小;至到 90 年代中期,随着需求量的加大,盐田面积开始增长,北部地区出现了较多大型盐场^[24],而且该区域内泥沙以淤积为主,使得潮间带南部面积少量增加,导致区域 3 潮间带质心位置向湾内(SW 向)偏移.区域 4 主要是由于胶州湾东海岸环胶州湾高速公路的修建以及其他大型工程,使得自然岸线被人工建筑物替代,出现了该区域质心向湾内(NW 向)偏移的现象.

2001~2016 年期间,区域 1 偏移最为显著,其他区域发生少量偏移(图 3).通过查阅相关资料及实地调查发现,黄岛及以南岸段在 2001 年后全线开展港口及码头建设,引发了新一轮填海高潮,黄岛区港口及码头建设规模达到最大,开发及围填也因此最为强烈^[12],导致了区域 1 潮间带质心位置向湾内(NE 向)偏移,其中填海造陆的方位几乎完全与潮间带质心偏移方向相反.在城市化和经济全球化的影响下,导致人与自然的矛盾日益尖锐,因此,建立能够维系城市生态环境和自然生命支持系统的城市生态安全格局变得尤为重要.为此,山东省提出的“建设半岛蓝色经济区”已上升为国家战略;同时,青岛市也出台了“环境保护,拥湾发展”以及有序推进“退耕还草、退池还海、恢复湿地生态环境”等一系列政策^[25].因此区域 2 潮滩占用现象不明显,质心位置偏移很小;区域 3 中墨水河下游发生了大范围的养殖池丢弃现象,导致墨水河流域潮间带范围的局部增加,但是由于要缓解人地矛盾,白沙河流域养殖池、盐田代之以大规模的建筑用地和裸地,而且自然潮滩占用现象比较明显,从而使得白沙河流域潮间带面积减少而且潮间带变得支离破碎,所以总的看来潮间带质心位置向墨水河流域方向偏移,即向远离湾内的方向(NW 向)偏移.十一五期间,胶州湾沿岸作为环胶州湾工业带,建设了环胶州湾工业产业带,经济的高速发展和人口的快速增长导致胶州湾用海需求加大,使得区域 4 潮间带质心向 SW 向偏移,其中填海造陆的方位几乎完全与潮间带质心偏移方向相反.

2.3 讨论

从本研究分析可以看出,近 30a 来胶州湾潮间

带的面积和质心都发生了重大变化.除人类活动等因素外,潮滩水动力、泥沙环境及冲淤等因素均会对潮间带产生一定的影响^[26],这是一个更为复杂的过程,本研究对这方面的研究尚不够深入,今后将进一步加强上述因素的考虑.另外,需要警惕的是,人类活动会对潮滩的侵蚀和淤积造成影响^[27],从而使得潮间带位置的偏移和潮间带面积的减少,而潮间带位置的偏移和潮间带面积的减少又会引起纳潮量的减少,从而导致水体流速减慢,水体交换能力下降,海湾淤积加速,自净能力降低,最终影响潮间带的净化作用^[26-29].上述原因相互作用会造成河口区河道延长和变窄,带来排洪不畅、洪涝、海岸防灾减灾能力降低等一系列严重问题,对海洋生态环境和海洋可持续发展产生重要影响^[30].

3 结论

(1)1984~2001 年期间,受养殖晒盐、填海造陆等人类活动的影响,胶州湾地区潮间带面积不断减少,潮间带面积整体减少了 52.80 km²,潮间带质心位置也逐渐向湾内推进,最大推进距离达 1 061.48 m.潮间带面积减少现象和质心位置偏移现象明显的典型区有黄岛地区、洋河流域、大沽河流域、白沙河和墨水河流域、李村河流域.

(2)2001~2016 年期间,由于经济发展,大范围的盐田、养殖池废弃,代之以大规模的建筑用地、裸地,导致潮间带面积减少了 8.10 km²;港口扩建、填海造陆等人类活动使得潮间带质心位置偏移相比 1984~2001 年偏移更加严重且偏移方式更加复杂,最大偏移距离达 2 881.64 m.潮间带变化过程更为复杂,其中潮间带面积减少现象和质心位置偏移现象均较明显的区域仍为黄岛地区,洋河流域和大沽河流域、白沙河和墨水河流域、李村河流域面积减少速度变慢,质心迁移距离相对也较小.

(3)潮间带的变化会对海洋生态环境和海洋可持续发展产生重要影响.未来希望在潮间带变化成因分析上应充分考虑潮滩水动力、泥沙环境及冲淤等因素对潮间带变化趋势的影响,通过在方法及成因上的深入分析,从而实现潮间带地区资源的科学管理和持续利用.

参考文献:

- [1] 苏大鹏,刘健,胡刚.近年胶州湾海岸带土地利用与土地覆被变化与驱动力[J].海洋地质前沿,2011,27(5):53-58.
- [2] Zhao S H, Liu Y X, Li M C, et al. Analysis of Jiangsu tidal flats reclamation from 1974 to 2012 using remote sensing[J]. China Ocean Engineering, 2015, 29(1): 143-154.

[3] 刘林. 胶州湾海岸带空间资源利用时空演变[D]. 青岛:国家海洋局第一海洋研究所,2008.

[4] 李振,黄海军. 胶州湾海岸带土地利用/覆被变化研究[J]. 国土资源遥感,2010,22(4):71-76.

[5] 张婧,孙英兰. 海岸带生态系统安全评价及指标体系研究——以胶州湾为例[J]. 海洋环境科学,2010,29(6):930-934.

[6] 窦勇. 基于 RS、GIS 和调查资料的青岛市海岸带生态系统健康评价[D]. 青岛:中国海洋大学,2012.

[7] 李睿博,江涛,周雪莹,等. 胶州湾海岸带生态环境脆弱性空间建模与分析[J]. 山东科技大学学报:自然科学版,2014,33(4):65-75.

[8] Di X H,Hou X Y,Wang Y D,et al. Spatial-temporal characteristics of land use intensity of coastal zone in China during 2000—2010[J]. Chinese Geographical Science,2015,25(1):51-61.

[9] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志(第四分册)[M]. 北京:海洋出版社,1993.

[10] 张志恒. 胶州湾海岸带利用现状与评价[D]. 青岛:中国海洋大学,2009.

[11] 李京梅,王晓玲. 基于生境等价法的胶州湾湿地围垦生态损害评估[J]. 资源科学,2013,35(1):59-65.

[12] 毋亭,侯西勇. 1944—2012 年胶州湾海岸线时空动态特征[J]. 科学导报,2015,33(2):28-34.

[13] 杨长坤,刘召芹,王崇倡,等. 2001—2013 年辽东湾海岸带空间变化分析[J]. 国土资源遥感,2015,27(4):150-177.

[14] 王小丹,方成,康慧,等. 曹妃甸地区潮间带演变的遥感监测[J]. 海洋通报,2014,33(5):559-565.

[15] 方国洪,郑文振,陈宗镛,等. 潮汐和潮流的分析和预报[M]. 北京:海洋出版社,1986.

[16] 李国庆. 内蒙古典型草原碳储量动态变化研究[D]. 北京:北京师范大学,2013.

[17] 侯西勇,毋亭,王远东,等. 20 世纪 40 年代以来多时相中国大陆岸线提取方法及精度评估[J]. 海洋科学,2014,38(11):66-73.

[18] 丁圣彦,梁国付. 近 20 年来河南沿黄湿地景观格局演化[J]. 地理学报,2004,59(5):666-672.

[19] 郭臣. 胶州湾围填海造陆生态补偿机制研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2012.

[20] 樊建勇. 青岛及周边地区海岸线动态变化的遥感监测[D]. 青岛:中国科学院海洋研究所,2005.

[21] 方中祥,李国庆,冯龙,等. 胶州湾湿地景观格局变化特征[J]. 湿地科学,2016,14(2):276-281.

[22] 余云军,王琳. 胶州湾流域与海岸带综合管理研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2010.

[23] 张晓祥,王伟玮,严长清,等. 南宋以来江苏海岸带历史海岸线时空演变研究[J]. 地理科学,2014,34(4):344-351.

[24] 刘佳佳. Landsat/ETM+ 和 Terra/ASTER 数据在胶州湾海岸带变化研究中的应用[D]. 青岛:中国海洋大学,2007.

[25] 于蓉蓉,谢文霞,赵全升,等. 基于景观格局的胶州湾大沽河口湿地生态安全[J]. 生态学杂志,2012,31(11):2 891-2 899.

[26] 张健,濮励杰,陕永杰,等. 海岸带土地开发利用及生态环境效应研究简述[J]. 长江流域资源与环境,2012,21(1):36-43.

[27] 刘运令,汪亚平,高建华,等. 胶州湾冲淤灾害地质及环境稳定性分析[J]. 地理研究,2011,30(7):1 169-1 177.

[28] 雷宁,胡小颖,周兴华. 胶州湾围填海的演进过程及其生态环境影响分析[J]. 海洋环境科学,2013,32(4):506-509.

[29] 周春艳,李广雪,史经昊. 胶州湾近 150 年来海岸变迁[J]. 中国海洋大学学报:自然科学版,2010,40(7):99-106.

[30] 范晓婷. 我国海岸线现状及其保护建议[J]. 地质调查与研究,2008,31(1):28-31.

Tidal zone dynamics in Jiaozhou Bay in recent 30 years

YANG Hui, LI Guo-qing, ZHOU Yue, LIU Yi-jie, WANG Meng-meng

(School of Resources and Environmental Engineering, Ludong University, Yantai 264025, China)

Abstract:Based on three scenes of remote sensing data from 1984 to 2016 and tide and sea level data,the spatial distribution and the changing process of tidal zone's area and centroid in Jiaozhou Bay were analyzed applying the method of "same sea level contrasting". The results show that firstly the tidal zone area is decreasing. From 1984 to 2001, the tidal zone area in Jiaozhou Bay has decreased by 52.80 km² and from 2001 to 2016 it decreased by 8.10 km². Secondly, the centroid of tidal zone has offset severely, among which the centroid of tidal zone of Huangdao offset the most. From 1984 to 2001, the centroid transferred 1 061.48 m from northwest to southeast continuously. Compared with 2001, the area of tidal zone in 2016 has offset 2 881.64 m northeastwards. Thirdly from 1984 to 2001, large-scale aquaculture, salt pan activities and small-scale sea reclamation were responsible for

the reduction of the tidal zone's area and the deviation of tidal zone centroid. From 2001 to 2016, large areas of salt pan and aquaculture pond have been abandoned due to large-scale land constructions. Besides, the erosion and deposition has also contributed to the changes of the area and tidal zone centroid in Jiaozhou Bay.

Key words;marine resources and development; evolution monitoring; sea reclamation; tidal zone; Jiaozhou Bay
DOI:10. 3969/J. ISSN. 2095-4972. 2018. 02. 018

(责任编辑:肖 静)