

无居民海岛前大连岛的原自然海岸特征

路波^{1,2}, 张丰收¹, 周晓静³, 杜恩程¹, 姜源¹, 袁萍¹, 肖玉仲^{1*}

(1. 国家海洋环境监测中心, 辽宁 大连 116023; 2. 国家环境保护近岸海域生态环境重点实验室, 辽宁 大连 116023;

3. 大连海洋大学 海洋科技与环境学院, 辽宁 大连 116023)

摘要: 确定自然海岸特征是海岸修复中的重要内容, 但是在开发后弃管的无居民海岛却面临缺少历史资料参考的困难。在大连普兰店湾中部前大连岛的研究证明, 依据历史影像和现存海岸地质地貌情况可以分析确定原自然海岸位置及性质。1972 年 KH 卫星影像表明当时的前大连岛仍然保持自然海岸形态, 海岸位置在 2020 年海岸后方的岛屿陆域内部。结合 2020 年海岸地质考察结果可以进一步确定 1972 年的前大连岛东部、西部分布海蚀崖形式的基岩海岸, 南部、北部则分布砾石质海岸。1972—2020 年, 前大连岛自然海岸全部变化为人工海岸, 海岸长度也从约 2.38 km 增加至约 3.12 km。

关键词: 普兰店湾; 前大连岛; 无居民海岛; 自然海岸; 海岸修复

中图分类号: P229.1; S953.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-3682(2020)04-0279-08

doi: 10.3969/j.issn.1002-3682.2020.04.006

引用格式: LU B, ZHANG F S, ZHOU X J, et al. Original natural coast characteristics of the uninhabited Qian-dalian Island[J]. Coastal Engineering, 2020, 39(4): 279-286. 路波, 张丰收, 周晓静, 等. 无居民海岛前大连岛的原自然海岸特征[J]. 海岸工程, 2020, 39(4): 279-286.

海岸类型有多种划分方案, 一般按组成物质、地形地貌等划分^[1-4]。虽然有学者将修复后具自然形态和自然功能的人工海岸认定为自然海岸^[2-4], 但是传统认识中的自然海岸是相对于人工海岸而言的, 其发展变化主要受控于海陆自然营力作用, 受人类活动影响可以忽略不计。由于人类开发利用活动, 自然海岸往往被占用并改造为人工海岸, 导致其位置、类型、范围、形态和组成等特征常发生重大变化^[3], 难以再现原自然特征。在海岸带修复工作中, 自然海岸是重要参考依据, 对确立修复目标、制定生态修复方案具有重要意义, 重建历史海岸位置和类型一直是海岸生态修复工作中迫切需要解决的问题。

海岸具有一定宽度, 它的位置以海岸线的位置表示, 国内外多使用平均大潮高线的痕迹线表示海岸线^[5], 在我国具体指多年大潮平均高潮时海陆分界痕迹线^[6], 其本质是风浪和涌浪作用下, 海水上冲流所能到达的陆域边缘线^[1]。对于现代自然海岸, 实地调查中可以根据该痕迹线堆积贝壳碎片、塑料垃圾和植物茎叶等密度较轻物质特征来确定海岸线位置。

海岸线两侧的陆域和海域在地表植被、沉积物含水量等方面存在着差异, 在遥感影像上有着不同的反射特征, 因此可借助遥感影像确定海岸位置。如早在 20 世纪 80 年代对芬兰、印度海岸的研究中, Jantunen 和 Raitala^[7] 及 Prabhakara 等^[8] 分别尝试利用了卫星遥感资料来监测海岸位置的变化。同时期, 黄海军等^[9] 在研究黄河三角洲海岸变化时, 也利用了遥感影像资料。20 世纪 90 年代, 在研究江苏北部海岸变化时, 肖永茂^[10] 系统阐述了利用遥感影像研究海岸的技术方法。随后, 利用遥感影像研究海岸变化得到了广大研究者的认同, 被应用在多个地方的海岸研究中^[11-21]。

利用遥感影像提取海岸线, 可以采取目视解译方法, 该方法简单, 可以综合地物、条纹等信息, 但是工作量大。

收稿日期: 2020-05-15

资助项目: 国家环境保护近岸海域生态环境重点实验室开放基金项目——北黄海盆地沉积物碳埋藏特征研究(201817)

作者简介: 路波(1982-), 男, 高级工程师, 博士, 主要从事海洋地质、海洋生态环境修复方面研究。E-mail: blu@nmemc.org.cn

*** 通信作者:** 肖玉仲(1963-), 男, 正高级工程师, 学士, 主要从事海洋地质、海洋环境和海洋管理方面研究。E-mail: 617280339@qq.com

(王佳实 编辑)

此外,近年也发展出利用阈值分割、边缘检测、小波变换、LiDAR 等方法提取水边线的自动解译方法,但由于水边线不同于海岸线,还要利用遥感影像时刻潮位、多年高潮位等进行潮位修正,以获取海岸线准确位置^[22-23]。遥感影像现在已经被广泛应用在海岸研究中,常见于海岸线位置变化、海岸变迁等领域;相比之下,对海岸修复中历史海岸位置和性质的重建少有关注。

对于历史海岸资料可查的海岸修复项目,海岸性质可以利用历史调查资料,并结合当地年长居民的回忆来确定。但是对开发后弃管的无居民海岛,历史调查资料难以获取,重建自然海岸特征面临着更多困难。本文即以开发后弃管的无居民海岛——普兰店湾前大连岛为例,探索建立了一种以历史遥感影像、海岸地质地貌实地考察结果为基础资料,依据海岸演化理论判定原自然海岸特征的技术路线,可以为其它海岸生态修复工作提供参考。

1 研究区简介

普兰店湾位于渤海东南部、辽东半岛南端,东西向狭长,以中部簸箕岛、前大连岛、后大连岛为界,可以分为外湾和内湾。簸箕岛、前大连岛和后大连岛造成普兰店湾中部过水断面狭小,潮流流速增快,底床冲蚀明显,中部水道水深超过 20 m。自簸箕岛向西至湾口,普兰店湾宽度逐渐加大,组成平面形态呈三角形、向西敞口的湾,南北两岸广布浅滩而中部发育潮流水道,水深自东向西逐渐加深。自前大连岛向东至湾顶,普兰店湾宽度两次先增大后又减小,最后结束至湾顶,组成平面形态呈藕节状的内湾,浅滩较多,中部发育潮流水道,湾顶有鞍子河入海。前大连岛($121^{\circ}46'E, 39^{\circ}22'N$)是普兰店湾中部南岸的一座无居民海岛,岛形似褡裢,原名褡裢岛,后因谐音和方位而得名^[24],由低矮丘陵组成,东西长约 900 m,南北宽约 450 m,南侧与大陆相距约 200 m,北侧与后大连岛相望(图 1)。

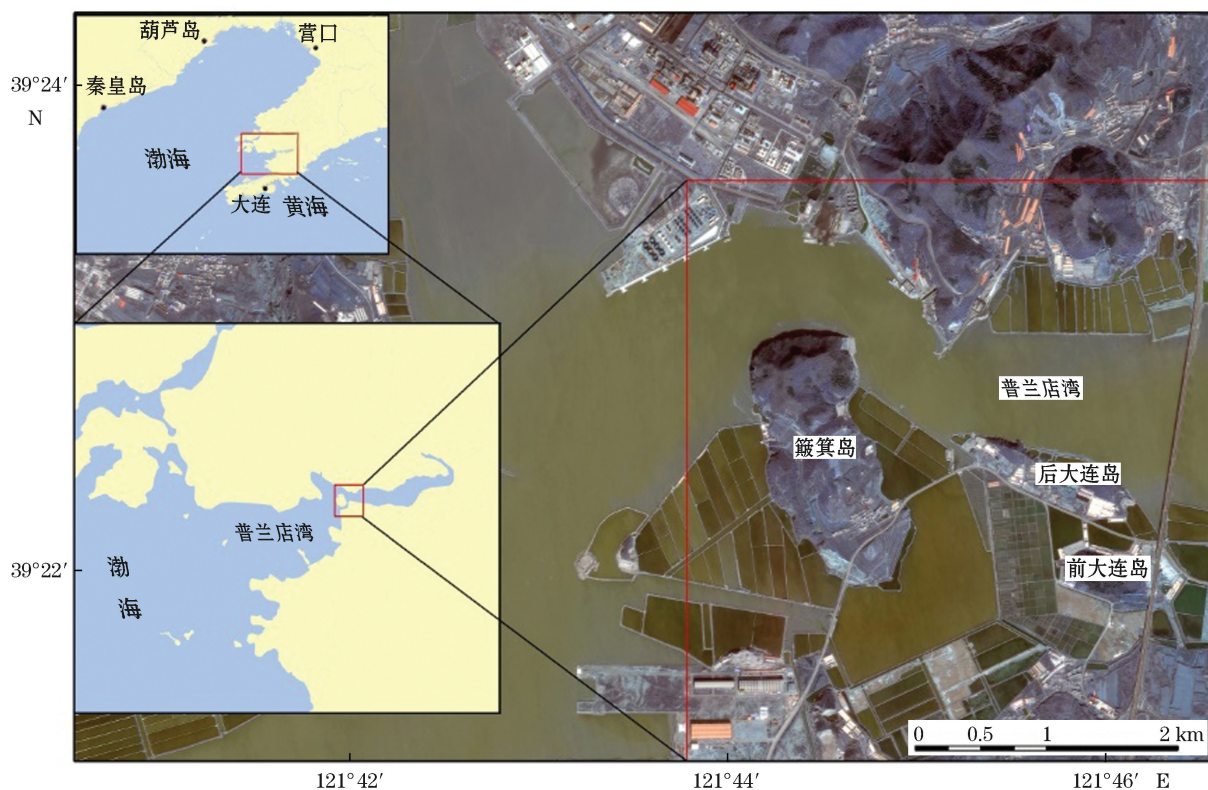


图 1 前大连岛地理位置

Fig.1 Geographical location of the Qiantalian Island

2 资料和方法

2.1 资料

本研究所用资料主要为 1972-05-02, 2020-02-26 遥感影像以及 2020-03-12 前大连岛海岸考察记录。1972-05-02 遥感影像为美国 KH 卫星拍摄, 分辨率 1.8 m; 2020-02-26 遥感影像为高分二号卫星拍摄, 分辨率 1.8 m。2020-03-12 海岸考察内容主要包括海岸地貌、地层组成, 使用相机对主要海岸特征进行了拍照记录, 并利用 LNCORS 网络 RTK 方法测量记录了典型地貌、地层组成、海岸分段边界等特征地点坐标。

2.2 方法

自然海岸仅受海陆自然营力作用, 不会出现人工构筑物。而由于人类的开发建设活动, 人工海岸的位置、形态、组成等海岸要素相较自然海岸会发生重大变化, 常保留大量人工构筑物。因此, 很容易在遥感影像上通过检视是否存在房屋、堤坝、道路等人工构筑物, 从而区分自然海岸与人工海岸。为提高海岸重建的准确率, 本文采用了遥感影像目视解译方法, 海岸类型界定则综合了夏东兴等^[1]、贾建军等^[2]划分方案, 按砂砾质海岸、粉砂淤泥质海岸、基岩海岸、生物海岸、河口海岸和人工海岸进行分类。具体流程如下:

1) 在 ArcGIS 软件中, 根据陆海差异性对遥感影像中的海岸位置进行了目视解译, 建立了 1972 年、2020 年海岸位置矢量文件, 比较海岸位置变化。

2) 根据海岸是否存在人工构筑物, 确定 1972 年时的前大连岛拥有自然海岸。综合 2020-03-12 海岸调查获得的地形地貌、地层与沉积物特征, 分析 1972 年时的前大连岛潮间带物质组成、风化作用、地貌特征等, 判定海岸类型并划分海岸分段。

3 结果与讨论

3.1 2020 年人工海岸特征

2020-02-26 遥感影像、2020-03-12 考察结果显示, 前大连岛是一座东西狭长的丘陵, 相对高程 10~20 m, 中部隆起而平缓, 四周陡峭, 地表为棕红色土壤, 草本和乔木组成的植被茂盛(图 2)。2020-03-12 海岸考察结果显示(考察地点见图 3), 前大连岛海岸至 2020 年全部变化为人工海岸, 长度约 3.12 km, 其中岛屿北侧、西南侧被倒 Y 形滨海公路包裹, 东部被渤海大岛穿越, 在北部、西北部、西部、东部分布废弃养殖育苗室, 东南部为被填筑成陆(图 2)。

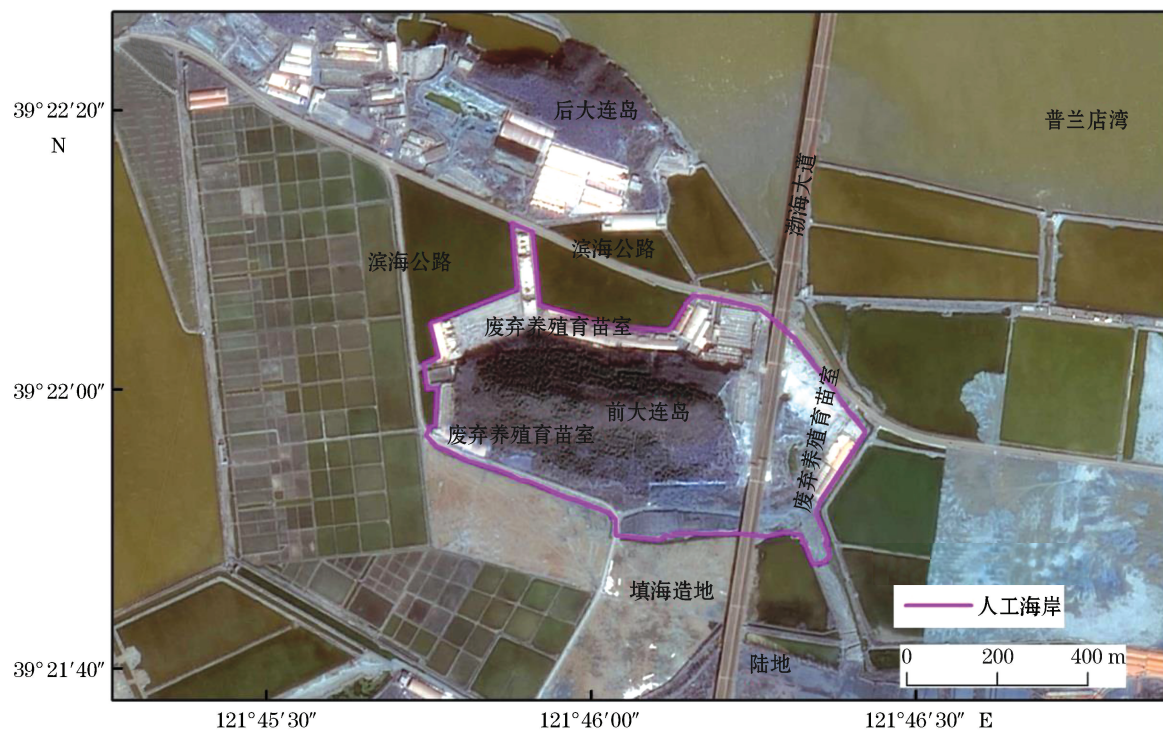
3.2 1970 年自然海岸特征

3.2.1 海岸位置

1972 年遥感影像显示, 前大连岛周围为盐田, 仅在岛屿北侧、西南侧邻接滨海公路, 其余岸段被盐田围限, 岛陆内部仅有东部开垦为田地。全岛海岸总长约 2.38 km, 未见人工构筑物, 全部为自然海岸, 平面位置较 2020 年人工海岸更靠近岛屿陆域一侧(图 3)。

3.2.2 基岩海岸

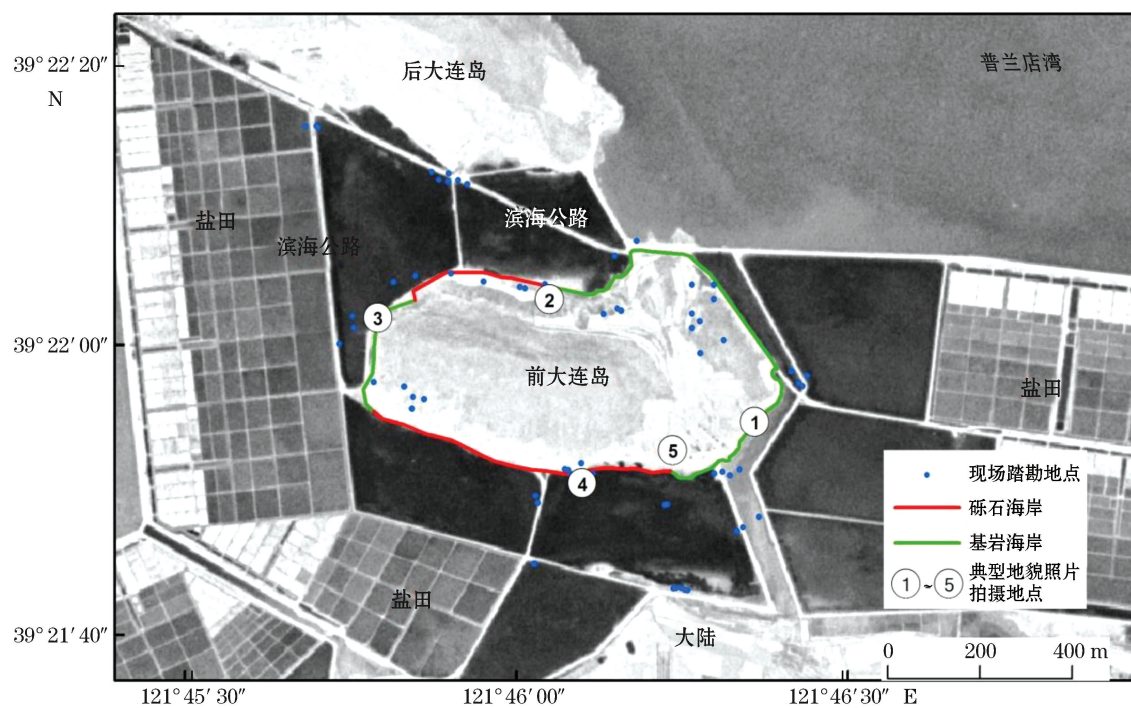
2020-03-12 考察结果显示(考察地点见图 3), 前大连岛出露地层主要见于岛屿东部和西部、岩层主要为青灰色、肉红色厚层变质石英砂岩以及灰白色厚层灰岩, 内部发育多个褶皱及挠曲, 走向近东西向, 倾角多变(图 4a 和图 4b)。地层内部垂直层面的节理十分发育, 将地层切割成 1~10 cm 碎块(图 4c)。与《中国海湾



注:底图为 2020-02-26 遥感影像

图 2 前大连岛 2020 年海岸类型及分布

Fig.2 Coastal types and distributions of the Qianalian Island in 2020



注:底图为 1972-05-02 遥感影像;①~⑤为 2020-03-12 海岸考察拍摄地点

图 3 前大连岛 1972 年自然海岸类型及分布

Fig.3 Types and distributions of the natural coast of the Qianalian Island in 1972

志》^[25]记录的地层层序进行比对,前大连岛地层应为元古届细河群桥头组石英砂岩和南芬组灰岩。

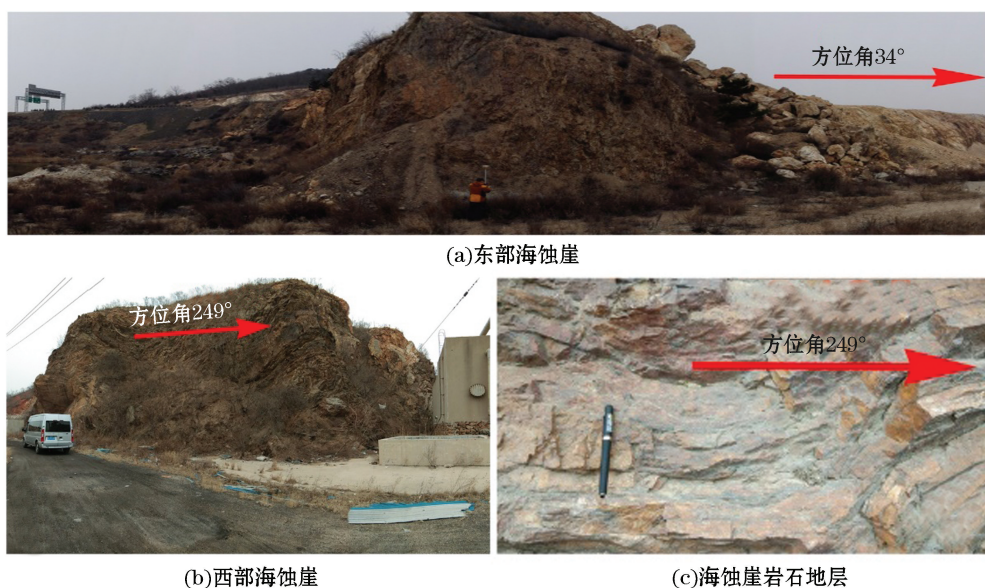
岛屿东部因建设渤海大道而开辟山体,自然海岸已不可见,仅局部残留部分海蚀崖,崖面垂直,崖顶相对崖脚高 7~10 m(图 4a)。

岛屿西部海岸分布养殖育苗室,部分房屋设施后方可见海蚀崖地貌,崖顶相对崖脚高 6~10 m,崖面垂直,具风化特征,偶见海蚀孔穴(图 4b)。

海岸在构造控制下,岩层或沉积物经风力、重力、波浪、潮汐、生物等综合作用形成的海陆分界线,与岩层与沉积物组成、海洋风化作用密切相关^[26-28]。

变质石英砂岩岩性致密坚硬,抵抗海岸风化侵蚀能力较好,容易保存,形面较高的地势。同时,该岩层节理发育,抗剪切性差,在底部被侵蚀形成孔穴后,在重力作用下容易发生崩落、崩塌,形成陡峭的海蚀崖地貌。

岛屿东部和西部残留的海蚀崖、相对较高的地势、褶皱及节理发育的地层露头,证明在未被人工改造之前,在海浪、潮汐、海风、生物、盐风化、重力等多种自然地质营力作用下,前大连岛岛东部、西部发育海蚀崖类型的基岩海岸(图 3),崖面陡峭(图 4)。



注:图 4a、4b 和 4c 的拍摄地点分别为图 3 中①、③和③点

图 4 前大连岛东部、西部海岸残留海蚀崖地貌

Fig.4 Residual sea cliffs distributed at the eastern and western coast of the Qiantalian Island

3.2.3 砾石质海岸

2020-03-12 考察结果展示(考察地点见图 3),前大连岛南部、北部未见自然海岸,海岸后方陆域堆积厚层棕红色冲洪积物,厚度 2~4 m,黏土、粉砂、砂、砾石、岩块混杂堆积,具水平层理,上覆 0.2~1.0 m 土壤层,植被茂盛,与变质石英砂岩不整合接触(图 5a 和图 5b)。

由福建平潭岛软质海崖侵蚀机理可见^[29-30],以松散沉积物为主要物质组成的海岸容易在降水作用下发生土体软化、蠕变变形,最终发生土体裂缝和滑坡。滑塌沉积物堆积在崖脚后,尤其是在风暴潮期间,会经受波浪、潮流侵蚀和沿岸搬运,从而形成陡峭海崖下接沉积物海滩的地貌。

前大连岛南、北部海岸由冲洪积沉积物组成(图 5c),固结性差,在潮间带会受生物、重力、风力、海浪和潮汐综合作用,非常容易被侵蚀、分选,细颗粒沉积物可以被波浪、潮汐搬运至潮下带,部分粉砂和黏土组分更是可以被风力搬运至更广阔的地方,而岩块、砾石、砂却残留在潮间带,构成砾石质海岸(图 3)。

普兰店湾最大潮差仅有 2.73 m,但是由于中部簸箕岛、后大连岛的存在导致海湾中部宽度变窄^[22],使得簸箕岛、后大连岛附近潮流动力强,形成较深的潮流通带。前大连岛与簸箕岛、后大连岛之间广布浅滩,在后



注:图 5a,5b,5c 拍摄地点分别为图 3 中②,④和⑤点

图 5 前大连岛南部、北部海岸冲洪积层

Fig.5 Alluvial layers distributed at the southern and northern coast of the Qiandalian Island

大连岛的阻隔之下,前大连岛南部、北部海岸的潮流动力相对较弱。此外,前大连岛南侧距大陆仅约 200 m,北侧距后大连岛也仅约 200 m,波浪掩映条件好,所以波浪动力也较弱。在这种波浪、潮流动力都较弱的条件下,加之下伏地层为坚硬耐风化的变质石英砂岩、灰岩,前大连岛南部、北部虽然会因冲洪积沉积物侵蚀而发育砾石质海岸,但不会大规模侵蚀后退形成凹形海湾,而是形成近于平直的海岸(图 3)。

3.3 1972 年至 2020 年海岸变化特征

据 1972-05-02 遥感影像,1972 年前大连岛海岸约 2.38 km;据 2020-02-06 遥感影像,2020 年前大连岛海岸约 3.12 km,2020 年海岸长度比 1972 年增加了约 0.74 km。相较 1972 年,2020 年海岸的位置也发生了变化,在前大连岛西北部、西部、东南部,由于建设房屋、填海,海岸向海迁徙,分别向海移动约 80 和 50 m。

1972 年前大连岛全部海岸为自然海岸,其中东部和西部为基岩海岸,南部和北部为砂砾质海岸。2020 年,前大连岛全部海岸变化为人工海岸。

4 结 语

为掌握前大连岛原自然海岸特征,保障海岸生态环境修复工作顺利开展,笔者收集分析了 1972 年、2020 年遥感影像资料,并在 2020 年对海岸现状开展了考察。2020 年地貌考察结果显示,前大连岛海岸全部为人工海岸;而 1972 年历史遥感影像、2020 年海岸岩层考察结果显示,前大连岛的原自然海岸在岛屿东部、西部是海蚀崖形式的基岩海岸,在岛屿南部、北部是砾石质海岸。研究表明,基于历史遥感影像、现代残留的地质地貌特征以及海岸演化理论等,可以分析确定原自然海岸的位置及性质。本文的研究方法和结果可为海岸修复工作提供一定借鉴。

参考文献(References):

- [1] XIA D X, DUAN Y, WU S Y. Study on the methodology of recent coastline delimitation[J]. Journal of Marine Sciences, 2009, 27(Suppl.1): 28-33. 夏东兴, 段焱, 吴桑云. 现代海岸线划定方法研究[J]. 海洋学研究, 2009, 27(S1): 28-33.
- [2] JIA J J, CAI T L, LIU Y F, et al. A classification of coastline considering the impacts of human activities: remarks on latest practices on

- coastline survey in Zhejiang Province[J]. Marine Sciences, 2019, 43(10): 13-23. 贾建军, 蔡廷禄, 刘毅飞, 等. 考虑人类活动的海岸线分类体系——近期浙江省海岸线调查的实践与思考[J]. 海洋科学, 2019, 43(10): 13-23.
- [3] FU Y B, DU Y, WANG Q M, et al. Define standard of natural coastline and artificial coastline[J]. Marine Environmental Science, 2014, 33(4): 615-618. 付元宾, 杜宇, 王权明, 等. 自然海岸与人工海岸的界定方法[J]. 海洋环境科学, 2014, 33(4): 615-618.
- [4] ZHANG X H, HUANG H M, WU L L, et al. The identification standard for typical types of newly added natural shoreline[J]. Ocean Development and Management, 2020, 37(7): 10-15. 张晓浩, 黄华梅, 吴玲玲, 等. 海岸新增自然岸线典型类型认定标准研究[J]. 海洋开发与管理, 2020, 37(7): 10-15.
- [5] HUANG N Y. Research on Tianjin coastline demarcation[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2006. 黄南艳. 天津市海岸线确定研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.
- [6] National Marine Technical Committee. Oceanological terminology; marine geology: GB/T 18190—2017[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017. 全国海洋标准化技术委员会. 海洋学术语 海洋地质学: GB/T 18190—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [7] JANTUNEN H, RAITALA J. Locating shoreline changes in the Porttipahta (Finland) water reservoir by using multitemporal landsat data[J]. Photogrammetria, 1984, 39(1): 1-12.
- [8] PRABHAKARA R P, NAIR M M, RAJU D V. Assessment of the role of remote sensing techniques in monitoring shoreline changes: a case study of the Kerala coast[J]. International Journal of Remote Sensing, 1985, 6(3/4): 549-558.
- [9] HUANG H J, LI C Z, GUO J J. Application of Landsat images to the studies of the shoreline changes of the Huanghe River Delta[J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 1994, 14(2): 29-37. 黄海军, 李成治, 郭建军. 卫星影像在黄河三角洲岸线变化研究中的应用[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1994, 14(2): 29-37.
- [10] XIAO Y M. The study of processing methods of the remote sensing images of north Jiangsu coast[J]. Remote Sensing Information, 1995(3): 19-21. 肖永茂. 江苏北部海岸带卫星图像处理研究方法研究[J]. 遥感信息, 1995(3): 19-21.
- [11] LIN J R, TANG D L, GAO Y, et al. Remote sensing of the classification, development and utilization of coastline in Zhuhai City[J]. Ocean Development and Management, 2019, 36(3): 69-73, 93. 林静柔, 唐丹玲, 高杨, 等. 珠海市海岸线分类及开发利用的遥感分析[J]. 海洋开发与管理, 2019, 36(3): 69-73, 93.
- [12] YANG H, GUO H D, WANG C L. Coast line dynamic inspect and land cover classification at Yellow River Mouth using TM-SAR data fusion method[J]. Geography and Territorial Research, 2001, 17(4): 15-19. 杨虎, 郭华东, 王长林. TM-SAR 数据融合在黄河口沙咀动态监测中的应用研究[J]. 地理学与国土研究, 2001, 17(4): 15-19.
- [13] MA X F, ZHAO D Z, XING X G, et al. Means of withdrawing coastline by remote sensing[J]. Marine Environmental Science, 2007, 26(2): 185-189. 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.
- [14] LU X Y, YANG Z X, HE X F. Analysis of monitoring shoreline changes and tidal flat reclamation of Jiangsu from 2000 to 2009[J]. Geospatial Information, 2012, 10(5): 57-59, 81, 56. 陆晓燕, 杨智翔, 何秀凤. 2000—2009 年江苏沿海海岸线变迁与滩涂围垦分析[J]. 地理空间信息, 2012, 10(5): 57-59, 81, 56.
- [15] LI X M, YUAN C Z, LI Y Y. Remote sensing monitoring and spatial-temporal variation of Bohai Bay coastal zone[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2013, 25(2): 156-163. 李秀梅, 袁承志, 李月洋. 渤海湾海岸带遥感监测及时空变化[J]. 国土资源遥感, 2013, 25(2): 156-163.
- [16] ZHANG H G, GUO Y X, HUANG W L, et al. A remote sensing investigation of innning and silting in Hangzhou Bay since 1986[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2005(2): 50-54, 81. 张华国, 郭艳霞, 黄韦良, 等. 1986 年以来杭州湾围垦淤涨状况卫星遥感调查[J]. 国土资源遥感, 2005(2): 50-54, 81.
- [17] ZHENG Q A, WU L Y, ZHANG X M, et al. A remote sensing study of Jiaozhou bay: I. Measurement of total area and coastal line[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1991, 22(3): 193-199, 297. 郑全安, 吴隆业, 张欣梅, 等. 胶州湾遥感研究——I. 总水域面积和总岸线长度量算[J]. 海洋与湖沼, 1991, 22(3): 193-199, 297.
- [18] CHEN X, NING J, BING Z W, et al. Research on the changes of coastlines in Liaoning Province in a century[J]. Geology and Resources, 2011, 20(5): 354-357. 陈曦, 倪金, 邢智武, 等. 辽宁省海岸线近百年变迁特征分析[J]. 地质与资源, 2011, 20(5): 354-357.
- [19] ZHU X G. Remote sensing monitoring of coastline changes in Pearl River Estuary[J]. Marine Environmental Science, 2002, 21(2): 19-22, 80. 朱小鸽. 珠江口海岸线变化的遥感监测[J]. 海洋环境科学, 2002, 21(2): 19-22, 80.
- [20] PANG S S, LIU H Y, ZHANG S, et al. Classification of the Dalian coast zone based on remote sensing images[J]. Science and Technology Information, 2016, 14(1): 5-7. 庞姗姗, 刘洪洋, 张帅, 等. 基于遥感影像的大连海岸带分类体系研究[J]. 科技资讯, 2016, 14(1): 5-7.
- [21] LIU F L. Coastline extraction and change monitoring by remote sensing technology in Dalian City based on GIS/RS[D]. Dalian: Liaoning Normal University, 2016. 刘芳蕾. 基于 GIS/RS 的大连市海岸线遥感提取及变化监测[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2016.
- [22] WANG C Y. Coastal land covers classification of remote sensing images based on data minning technology[D]. Qingdao: Oceanology

- University of China, 2009. 王常颖. 基于数据挖掘的遥感影像海岸带地物分类方法研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009.
- [23] LIANG L, LIU Q S, LIU G H, et al. Review of coastline extraction methods based on remote sensing images[J]. *Journal of Geo-information Science*, 2018, 20(12): 1745-1755. 梁立, 刘庆生, 刘高焕, 等. 基于遥感影像的海岸线提取方法综述[J]. *地球信息科学学报*, 2018, 20(12): 1745-1755.
- [24] BI Y P. Photo gallery of Liaoning islands name stones[M]. Beijing: China Ocean Press, 2015. 毕远浦. 辽宁省海岛名称标志图集[M]. 北京: 海洋出版社, 2015.
- [25] Editorial Board of China Bay Survey. Survey of China bays[M]. Beijing: China Ocean Press, 1997. 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志[M]. 北京: 海洋出版社, 1997.
- [26] RINGROSE P. Structural and lithological controls on coastline profiles in Fife, Eastern Britain[J]. *Terra Nova*, 1994, 6(3): 251-254.
- [27] PORTER-SMITH R, MCKINLAY J. Mesoscale coastal complexity and its relationship to structure and forcing from marine processes[J]. *Marine Geology*, 2012, 323-325: 1-13.
- [28] ZHANG Z P. Study on the geomorphological features and impact factors of Liaoning coastal zone[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2008. 张子鹏. 辽宁海岸带地貌特征及影响因素研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.
- [29] LIU J H, CAI F, LEI G, et al. Recession mechanic and process analysis of soft cliff in Fujian coast: in case of northeast coast of Pingtan Island[J]. *Marine Environmental Science*, 2010, 29(4): 525-530. 刘建辉, 蔡锋, 雷刚, 等. 福建软质海崖蚀退机理及过程分析——以平潭岛东北海岸为例[J]. *海洋环境科学*, 2010, 29(4): 525-530.
- [30] CHANG F Q. Study on the retreat of soft sea cliff in the northeast Pingtan Island, Fujian Province[J]. *Marine Sciences*, 2016, 40(4): 100-107. 常方强. 福建省平潭岛东北部软质海崖蚀退特征研究[J]. *海洋科学*, 2016, 40(4): 100-107.

Original Natural Coast Characteristics of the Uninhabited Qiandalian Island

LU Bo^{1,2}, ZHANG Feng-shou¹, ZHOU Xiao-jing³, DU En-cheng¹, JIANG Yuan¹,
YUAN Ping¹, XIAO Yu-zhong¹

(1. *The National Marine Environmental Monitoring Center*, Dalian 116023, China;

2. *State Environmental Protection Key Laboratory of Coastal Ecosystem*, Dalian 116023, China;

3. *Dalian Ocean University*, Dalian 116023, China)

Abstract: It is an important part of coastal restoration to identify the characteristics of natural coast. However, it is difficult to know the natural coast characteristics of uninhabited islands discarded after their development due to the lack of historical references. The study on the Qiandalian Island located in the central part of the Pulandian Bay of Dalian City has demonstrated that the location and property of natural coast of the uninhabited islands can be analyzed and identified based on the historical remote sensing images and the geological and geomorphic status of the existing coast. From the KH satellite images obtained in 1972, it can be recognized that the coast of the Qiandalian Island remained its natural shape at that time. However, its position is now within the island land behind the coast of 2020. Combined with the coastal geological survey carried out in 2020, it can be further identified that at the time of 1972 bedrock coast in the form of sea cliffs was distributed in the eastern and western parts of the Qiandalian Island and a gravel coast in the southern and northern parts. From 1972 to 2020, all the natural coast of the Qiandalian Island changed into artificial one and also the length of the coast increased from 2.38 km to 3.12 km.

Key words: Pulandian Bay; Qiandalian Island; uninhabited island; natural coast; coast restoration

Received: May 15, 2020