

海岸线提取技术研究

申家双^{1,2}, 翟京生², 郭海涛¹

(1. 解放军信息工程大学 测绘学院, 河南 郑州 450052; 2. 海军海洋测绘研究所, 天津 300061)

摘要: 海岸线位置的确定是海岸带和海岛礁测绘的重要内容。快速而准确地监测海岸线的动态变化对于海域的使用管理具有十分重要的意义。遥感技术具有快速、动态、大范围、宏观等突出优势。重点介绍了基本遥感影像提取瞬时水边线, 通过潮位校正进而提取海岸线的研究进展, 提出了基于潮间带 DEM 和潮汐模型的海岸线提取方法, 分析了各种提取方法的优缺点, 并就其存在的不足展望了今后的研究方向。

关键词: 海洋测量; 海岸线; 水边线; 潮间带; 遥感; 潮汐模型

中图分类号: P237 **文献标识码:** B **文章编号:** 1671-3044(2009)06-0074-04

1 引 言

海岸线是多年平均大潮高潮所形成的海水和陆地分界的痕迹线, 是划分海洋与陆地行政管理区域的基准线, 是确定领海内水和陆地的分界线, 也是区分海洋深度基准和陆地高程基准的分界线。由于海岸带受海水动力作用 (包括潮汐潮流等)、地球构造、地貌演变、地质气象灾害、气候变暖导致的海平面上升等自然条件的变化及人类围垦、填海造地、海洋工程等活动的影响, 海岸线将发生向海淤进、向陆蚀退等空间位置的变迁以及海岸类型、走向和长度的变化^[1]。快速准确测定海岸线位置和性质的动态变化是人们研究海陆相互作用、沿海围垦、港口开发、城镇扩建等必须进行的一项技术活动^[1], 是规避海域管理冲突的信息基础, 也是地形图测绘、海道测量、海岸带调查等的重要内容。

传统海岸线测绘采用现场探测方式, 目前较常用的方法是摄影测量技术, 此外 GPS 技术也被用于大比例尺岸线测绘, 陆上车载测绘技术配合 GPS 可机动快速进行海岸线测绘工作, 但这些方法耗时费力、效率低、工作周期长, 难以快速反映海岸线的动态变化。遥感以其全天候、大范围、同步观测获取不同尺度时空信息等特点, 不受地表、海况、天气、地理环境等条件限制, 在海岸带资源调查、动态监测、环境保护等方面表现出较大的优势, 为检测海岸线的动态变化提供一种方便和重要的方法^[2]。目前基于遥感影像的岸线提取技术已有多人进行了研究, 并提出许多提取算法, 各有其优缺点。但由于遥感摄取的影像 (数据) 一般为瞬时水涯线 (即水边线),

并非海岸线 (大潮高潮线的影像), 因此必须将水边线通过潮位信息校正至大潮高潮面的水陆分界线才是真正的海岸线。本文介绍了传统的海岸线探测方法, 以及近年来利用多时相遥感影像提取水边线的各种方法, 探讨了基于潮位校正遥感影像提取海岸线技术, 期望对海岸线自动提取技术的深入研究有所借鉴和帮助。

2 海岸线现场探测技术

传统的海岸线探测手段通常采用实地测量法和摄影测量方法。实地测量法一般采用光学测量仪器 (经纬仪、全站仪等) 在高潮潮位线附近每隔一定距离采集海岸线特征点, 标划在数字地形图上并连接成线得到海岸线。GPS 定位测量的全天候、高精度、动态、实时等特点, 使得海岸线特征点的采集工作变得快捷方便, 但仍需人工携带 GPS 移动站到现场定位。周立等^[3]分析了海岸线测量的特点, 提出了集成 GMS 无线电数据链, 利用摩托车携带 DGPS 进行海岸线快速实时动态测量新方法和技术体系。摄影测量方法是利用摄影像片人工调绘海岸线, 与实地测量法一样需要在野外采集海岸线特征点, 而且要求影像清晰、细节突出, 对影像缺乏明显高潮潮位线特征时, 判读往往难以进行。现场探测海岸线虽然详实准确, 但必须做大量的野外工作, 不易于大面积探测和应用推广。

3 遥感影像水边线提取技术

从遥感影像上获得的海岸线一般是某一时刻海水与陆地的瞬时交界线 (也称水边线), 受潮汐等因

收稿日期: 2009-05-20; 修回日期: 2009-07-20

作者简介: 申家双 (1968-), 男, 河南新乡人, 高级工程师, 博士研究生, 主要从事海洋测量和海洋遥感技术研究。

素的影响, 岸线在不断变化。航空摄影或卫星过境时水边线正好位于平均大潮高潮线的影像难以获取, 大部分海岸线自动提取算法研究的都是如何利用数字图像处理技术提取瞬时水边线, 因此所提取的水边线不能直接作为海岸线。但是, 作为海岸线自动提取的必要步骤, 水边线提取算法的研究还是必不可少的^[4]。目前用于海岸线提取的数据源主要有 LandSat SPOT 和 SAR 影像, 部分航空影像和 QuickBird、KONOS 等高分辨率的卫星影像也开始用于海岸线提取^[2]。受海岸线海陆边界特征的影响, 提取海岸线特征实质上是一个图像分割的过程, 方法较多, 除目视解译和多光谱分类外, 目前国内外学者利用阈值分割法 (又称密度分割法)、边缘检测法 (常用的检测算子有 Laplace Gauss Roberts Prewitt Soble 和 Canny 等)、主动轮廓模型法、区域生长提取法、数学形态学法、神经网络分类等方法对水边线自动提取进行了有益的探索, 取得了多项研究成果。

在遥感图像水边线信息提取的发展过程中, 除上述方法外, 还有很多方法, 如面向对象的方法, 它是将影像对象作为影像分析的基本单元, 以自然对象为出发点, 根据对象的几何特征、光谱特征以及影像对象间的语义关系将图像分割成为一个在光谱、纹理和空间组合关系等特征单元。由于引入了影像对象间的语义关系, 因此可以利用专家知识来指导影像分析^[2]。马尔科夫场模型法将影像空间中地物的分布看作是一个离散随机过程, 它利用单个像素及其最近邻域的局部交互来获得复杂的全局行为。在水边线检测时, 它首先利用第一个马尔科夫场以低分辨率将图像分为海、陆、低海浪地带、海滩等几类, 得到水边线的粗边界, 然后再用第二个马尔科夫场以高分辨率对边界进行精确定位, 得到准确的边界^[2]。

4 海岸线的提取

4.1 基于潮位校正的海岸线提取技术

当遥感影像比例尺较小, 空间分辨率较低时, 在海岸是陡峭的岩石岸等类型的海岸地段, 干出滩垂直海岸线的宽度低于影像的空间分辨率时, 海岸线的位置可以用水边线的位置替代, 此时海岸线的提取即是水边线的提取^[5]。当干出滩的宽度大于影像分辨率时, 干出滩与陆地影像上有明显的差别, 可以利用遥感影像结合潮位校正方法提取海岸线。

通常泥沙质岸的地形一般起伏小, 坡度较缓, 很小的潮差就会导致水边线相差甚远。因此, 利用遥感影像提取海岸线时, 必须考虑潮位的影响, 对水边

线进行潮位校正。潮位校正一般根据成像时刻的潮位高度、平均大潮高潮位的潮水高度以及海岸坡度等信息, 计算出水边线至高潮线的水平距离, 从而确定海岸线的位置。其原理见图 1。

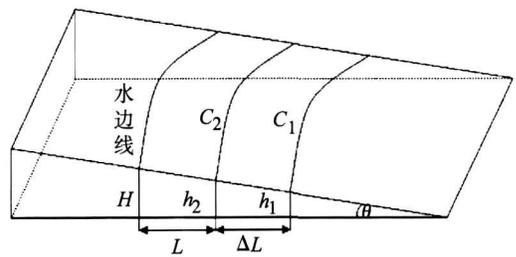


图 1 海岸线位置计算原理

首先提取两幅航空摄影像片 (或两景卫星图像) 的水边线, 分别设为 C_1 、 C_2 , 量出图像上两水边线的距离, 设为 ΔL 同时确定两幅图像中摄影时刻的潮位高度, 分别设为 h_1 、 h_2 (假设 $h_2 > h_1$), 则有:

岸滩的坡度为:

$$\theta = \arctan[(h_2 - h_1) / \Delta L] \quad (1)$$

然后确定平均大潮高潮位的潮水高度 H (根据多年潮位观测资料得到), 计算出对水边线 (以 C_2 为例) 至海岸线的距离 (校正距离) 为:

$$L = (H - h_2) / \tan \theta \quad (2)$$

最后沿海岸线的走向提取多幅遥感影像不同时刻的水边线, 利用地形坡度距离校正的方法可获取大范围的海岸线。对不同影像不同潮汐资料提取不同地区的海岸线应充分考虑海岸线之间的拼接。文献 [6] 使用三个年代阶段的 TM 图像对黄河三角洲地区海岸线的变化进行动态分析, 并考虑了季节和卫星过顶时潮位的影响, 根据图像中水边线的位置和潮位高度计算出海岸的坡度, 再根据平均大潮高潮的潮位对某一潮位时图像的水边线进行校正得出海岸线位置, 进一步提高了结果的精确度。文献 [7] 利用已有的潮位数据进行线性拟合, 得出潮位与时间的线性关系方程, 从而精确计算出卫星过境瞬间的潮位高度。根据上述海岸线位置校正的原理, 将提取得到的水边线向陆地方向移动距离 L 即得到真正意义上的海岸线位置。

通过潮位校正提取海岸线需有详尽的潮位观测资料, 是基于地形起伏可以忽略不计的假设; 因此, 不适用于地形起伏较大的海域。瞬时水边线潮高的精确度及影像的空间分辨率对提取结果也有较大影响^[8]。

4.2 基于潮间带 DEM 和潮汐模型的海岸线提取技术

潮间带通常指平均大潮高潮面(海岸线)和理论最低潮面(海图理论深度基准面)之间的潮侵地带,也称干出滩和潮滩,是地形测量的困难地区。基于潮间带 DEM 和潮汐模型提取海岸线的基本思路是,首先假定摄影时刻在一定范围内,水边线不受潮位影响,水边线的位置可以认为是干出滩上高程一致点连接而成的等高线(也称等水位线)。在上述假设条件下,利用多时相的遥感影像提取的水边线信息,结合潮汐模型(或验潮数据)推断出水边线的高程值,一系列不同潮位条件下获得的遥感水边线即可形成一系列已知高程信息的等高线,利用这些等高线和海图的零米线通过空间插值进而得到潮间带 DEM,最后根据潮汐模型计算当地平均大潮高潮面(海岸线定义所处潮位)的高程,以此为高程参考面与 DEM 横切(可用等值线自动跟踪方法)得到海岸线。当然可借助潮间带实测的高程断面获得水边线高程来验证潮汐模型的准确性。海岸线提取流程图见图 2。

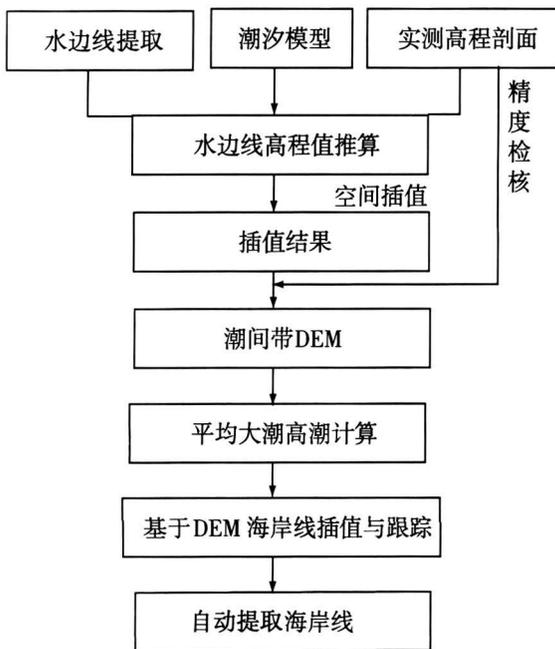


图 2 DEM 建立与海岸线提取流程

水边线的提取方法可参见上述的各种方法。而潮汐模型是海岸带高程和水深数据(垂直基准)的枢纽。潮汐预报是以平衡潮理论为基础,借助实际潮位观测资料,采用调和分析方法推算任意时刻的潮汐变化。潮汐表预报潮位只是整点潮位,而影像获取的瞬时时刻一般不是整点时间,且每一景扫描成像过程仅历时十几秒,仅依靠整点潮汐观测资料,会影响影像瞬时对潮位的推算及对潮情的准确判断。若要精确获取该时刻的潮位数据,一种方法是

已知预报时采用潮汐调和常数,内插任意时刻的潮位数据;另一种方法是通过整点的潮位观测数据建立多项式,采用插值(或拟合)方法获取任意时刻的潮位。文献[9]采用“blending”同化法,同化多年 T/P 卫星测高数据反演潮汐参数与沿岸验潮站结果,建立中国邻近海域高分辨率潮汐模型,可给出中国海域任意时刻水边线的潮位,结合垂直基准转化模型可得到高程值,对海岸线的自动提取奠定了技术基础。文献[10]依据长江口 1999~2004 年多时相遥感影像光谱特征,对不同潮情影像采用不同波段提取水边线,根据实测高程剖面作为控制剖面获得水边线的高程,并对具有高程信息的水边线采用不规则三角网方法构建 DEM,克服了潮汐资料缺乏的缺点,提高了遥感影像提取水边线对高程反演的精度。文献[11]讨论了多时相卫星影像提取潮滩水边线以此构建潮滩 DEM 的方法,采用 GIS 技术和验潮站潮位观测推算技术对提取的水边线赋予高程值,构建 DEM 与实测资料比对,构建的 DEM 高程精度相对误差小于 0.5m 区域占总面积的 70%,作为实测资料欠缺的补充。

5 存在问题和研究展望

海岸线位置的确定是海岸带和海岛礁测绘的重要内容,快速而准确地测量海岸线的动态变化对于海岸带的科学管理和持续利用具有十分重要的意义。相对于常规测量方法,遥感技术可以大面积、实时监测海岸线的动态变化。遥感提取海岸线并分析其动态变化的研究近年来取得了很多有意义的成果,但还存在以下问题。

(1)海岸带影像数据缺乏。目前我国海岸带地区的遥感影像比较缺乏,尤其是高分辨率遥感影像,潮间带 DEM 测绘困难。低空间分辨率影像海岸线模糊,难以准确定位,低光谱分辨率影像目标与背景对比度不明显。

(2)海岸线提取标准不统一。海岸线应为平均大潮高潮线,而有些研究却直接采用成像时刻的水边线作为海岸线,应在提取水边线的基础上进行潮位校正,提取出真正意义上的海岸线。

(3)垂直基准不统一。潮间带 DEM 的获取涉及 1985 国家高程基准和海图深度基准(理论最低潮面),而海岸线提取要依据 DEM 和潮汐数据,因此需建立海岸带垂直基准转化模型,实现陆海部地理信息的融合处理和统一表述。

(4)精度验证困难。海岸线检测涉及的地理空间尺度一般较大,并且部分海岸带地区现场测绘困

难,使得检测结果缺乏必要的精度验证。绝大多数结果是同原图像进行叠加比较,并不能代表现场情况。

(5)基于融合方法的研究。不同海岸地貌的海岸线在影像上的解译标志与提取方法都有其特点或对于特定的遥感数据,或对于海岸线提取的某一阶段,或对于某一特定的岸线类型,因此在弄清各自特点的基础上选择最优的提取方法,然后充分挖掘各种方法和各种遥感数据的优势,将其进行融合,取长补短,实现不同方法和不同数据源的互补。

(6)充分结合自动解译与目视解译。目前的研究集中在采用边缘检测算法进行自动提取,难免产生一些明显的假边缘点和丢失一些真实边缘的细节部分,在自动提取的基础上结合目视解译可提高提取精度。

(7)其他领域研究成果的应用研究。计算机模拟生物功能,如人类识别物体的能力,是个庞大的工程,需要长时间不懈的努力。在其实现之前仍需要利用其他领域的研究成果来提高海岸线信息提取的精度和质量,如数学、计算机图形学、计算机视觉、人工智能、模式识别等。

(8)综合考虑各种影响因素。如风浪流等海洋环境对成像瞬间潮高的影响、不同空间分辨率的影像对海岸线长度的影响以及高含量的悬浮泥沙水体对水边线提取的影响等因素,提高海岸线的提取精度和效率,建立不同比例尺海岸线数据库,以满足国家政治、经济、军事和社会发展的需要。

参考文献:

- [1] 林桂兰. 遥感在海岸线修测中的应用技术探讨 [J]. 福建水产, 2005, (3): 59~62.
- [2] 张明, 蒋雪中, 张俊儒, 等. 遥感影像海岸线特征提取研究进展 [J]. 人民黄河, 2008, (6): 7~9.
- [3] 周立, 王继刚. 海岸线 GPS 实时动态测量技术及误差影响 [J]. 测绘科学, 2008, (3): 9~12.
- [4] 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, (4): 575~580.
- [5] 张朝阳. 遥感影像海岸线提取及其变化检测技术研究 [M]. 郑州: 解放军信息工程大学测绘学院, 2006.
- [6] 黄海军, 李成治, 郭建军. 卫星影像在黄河三角洲变化研究中的应用 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1994, 14(2): 30~37.
- [7] 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.
- [8] 严海兵, 李秉柏, 陈敏东. 遥感技术提取海岸线的研究进展 [J]. 地域研究与开发, 2009, 28(1): 101~105.
- [9] 暴景阳. 基于卫星测高数据的潮汐分析理论与方法研究 [D]. 武汉: 武汉大学, 2002.
- [10] 郑宗生, 周云轩, 蒋雪中, 等. 崇明东滩水边线信息提取与潮滩 DEM 的建立 [J]. 遥感技术与应用, 2007, 22(1): 35~38.
- [11] 沈芳, 郜昂, 吴建平, 等. 淤泥质潮滩水边线提取的遥感研究及 DEM 构建 [J]. 测绘学报, 2008, 37(1): 102~107.

Study on Coastline Extraction Technology

SHEN Jia-shuang^{1,2}, ZHAI Jing-sheng², GUO Hai-tao¹

(1. Institute of Surveying and Mapping Information Engineering University, Zhengzhou Henan 450052;

2. Naval Institute of Hydrographic Surveying and Charting, Tianjin 300061)

Abstract: The coastline position determination is the important content of the coastal zone island and reef surveying. It is very important to monitor the dynamic change of coastline rapidly and accurately regarding the sea area use and management. Remote sensing technique has fast dynamic large scope macroscopic and such prominent advantages. The advances in coastline extraction based on remote sensing was emphasized, the method in coastline extraction based on the DEM of the intertidal zone and tidal model was proposed, the advantage and disadvantage were analyzed, and the future research orientation was forecasted based on its existent insufficiency in brief.

Key words: marine survey; coastline; waterline; intertidal zone; remote sensing; tidal model