

# 基于潮位校正的中国潮间带模拟数据集

韩倩倩, 牛振国\*

中国科学院空天信息研究院, 遥感科学国家重点实验室, 北京 100101

**摘 要:** 潮间带位于海洋和陆地的过渡地带, 在生物多样性保护、社会经济发展以及全球环境变化等方面具有重要价值。该数据是以 1995 和 2015 年覆盖全国滨海的 156 景 Landsat TM/OLI 卫星影像为基础数据, 综合遥感与地理信息系统方法, 即对中国滨海根据验潮站进行分段, 提取出每个岸段两景相邻时刻影像的水边线, 推算出每个岸段的坡度, 然后结合平均高潮潮位数据与平均低潮潮位数据以及过境时刻潮位, 计算出高潮校正距离与低潮校正距离, 反演了中国滨海潮间带的时空分布。结果表明: (1) 2015 年中国潮间带总面积约为 14,193 km<sup>2</sup>, 其中潮间带分布面积最多的为福建省 (19%), 其次是辽宁省 (15%)、山东省 (14%)、江苏省 (12%) 和广东省 (11%); 面积最小的是台湾省 (2%)。 (2) 1995–2015 年全国潮间带面积净减少了 1,332 km<sup>2</sup>, 减少约 8.6%。全国不同省市潮间带面积表现出增加与减少不同的趋势, 其中潮间带面积减少最多的是浙江省, 面积减少为 1,189 km<sup>2</sup>; 江苏省潮间带面积由 1995 年的全国第 1 缩减为第 4。而福建省潮间带增加最多, 达 597 km<sup>2</sup>。该数据集为矢量数据, 存储为.shp 格式, 由 1995 年模拟潮间带和 2015 年模拟潮间带两个文件夹组成, 其中每个文件按照行列号命名, 数据量为 34.1 MB (压缩为一个文件, 13.3 MB)。

**关键词:** 潮间带; 湿地遥感; 潮位校正; 中国滨海湿地

**DOI:** 10.3974/geodp.2019.01.06

## 1 前言

潮间带是海洋高潮位与低潮位之间的区域, 高潮时被海水淹没, 低潮时出露水面; 其作为海陆交互作用的前锋地带, 是研究现代海岸动态和环境变迁的重要参照<sup>[1]</sup>。潮间带具有高生产力, 在为生物多样性、水鸟迁徙提供栖息地, 提供沿海生态系统服务, 抵御风暴潮和海平面上升所造成的危害等方面起着不可替代的作用<sup>[2–3]</sup>。基于 Landsat TM/OLI 卫星影像和验潮站的潮位数据, 研究了 1995 和 2015 年中国潮间带的分布与变化, 得到了 1995 和 2015 年中国潮间带的分布数据集。

中国海岸线北起鸭绿江口, 南抵北仑河口, 呈向东南突出的弧形, 覆盖中国大陆、香港、澳门以及台湾地区, 由北向南依次为辽宁省、河北省、天津市、山东省、江苏省、上海市、浙江省、福建省、广东省、香港特区、澳门特区、广西壮族自治区、海南省、台湾

收稿日期: 2019-02-01; 修订日期: 2019-02-20; 出版日期: 2019-03-25

基金项目: 中国科学院 (XDA19030203); 国家自然科学基金 (41271423)

\*通讯作者: 牛振国 L-4829-2016, 中国科学院空天信息研究院, 遥感科学国家重点实验室, niuzg@radi.ac.cn

数据引用方式: [1] 韩倩倩, 牛振国. 基于潮位校正的中国潮间带模拟数据集[J]. 全球变化数据学报, 2019, 3(1): 42–47. DOI: 10.3974/geodp.2019.01.06.

[2] 韩倩倩, 牛振国. 基于潮位校正的中国潮间带模拟数据集[DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2019. DOI: 10.3974/geodb.2019.01.20.V1.

省 12 个省及直辖市。随着人口增加和经济发展需求对滩涂资源的利用、全球气候变暖引发的海平面上升、风暴浪潮增强和海岸侵蚀加剧等一系列因素，潮间带减少在全球各地普遍存在，有预测研究表明 20 世纪 80 年代至 21 世纪末期，黄海海域潮间带将减少 28%<sup>[4]</sup>。

2 数据集元数据简介

《基于潮位校正的中国潮间带模拟数据集》<sup>[5]</sup>的数据集名称、作者、地理区域、数据年代、时间分辨率、空间分辨率、数据格式、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

表 1 《基于潮位校正的中国潮间带模拟数据集》元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	基于潮位校正的中国潮间带模拟数据集
数据集短名	TidalChina_1995-2015
作者信息	韩倩倩 G-2185-2019, 中国科学院空天信息研究院, 遥感科学国家重点实验室, hanqq@radi.ac.cn 牛振国 L-4829-2016, 中国科学院空天信息研究院, 遥感科学国家重点实验室, niuzg@radi.ac.cn
地理区域	中国沿海
数据年代	1995, 2015
时间分辨率	1 年
数据格式	空间分辨率 30 m 数据量 34.1 MB .shp
数据集组成	该数据集由两个文件夹组成, 分别是 1995 和 2015, 说明如下: 每个文件按照行列号命名, 并且根据海岸分段情况, 若一景 Landsat TM/OLI 覆盖两个岸段, 则在行列号后面加上下划线及编号, 如 118038_1area、118038_2area 其中两个文件夹下的 jiangsu1995 和 jiangsu2015 来自文献[6]
基金项目	中国科学院 (XDA19030203); 国家自然科学基金 (41271423)
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 <a href="http://www.geodoi.ac.cn">http://www.geodoi.ac.cn</a>
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101, 中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据 (中英文)、实体数据 (中英文) 和通过《全球变化数据学报》(中英文) 发表的数据论文。其共享政策如下: (1) “数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放, 用户免费浏览、免费下载; (2) 最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源; (3) 增值服务用户或以任何形式散发和传播 (包括通过计算机服务器) “数据”的用户需要与《全球变化数据学报》(中英文) 编辑部签署书面协议, 获得许可; (4) 摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10% 引用原则, 即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%, 同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 <sup>[7]</sup>

3 数据研发方法

马小峰等<sup>[8]</sup>利用潮位高度与卫星影像计算坡度的方法, 应用于海岸线位置的校正。张旭凯等<sup>[9]</sup>利用潮位数据计算潮滩坡降, 进而提取海岸线。王靖雯等<sup>[6]</sup>在上述基础上提出了新的潮位校正方法并在江苏盐城滨海进行了验证, 采用变异系数表示基于不同时相遥感影像组合得到的高低潮线和潮间带面积的差异情况, 验证了遥感影像时相的选择, 对反演的潮间带面积具有很好的稳定性, 可推广用于其他滨海潮间带面积的推算。我们在此基础上对全国潮间带的反演。

根据全国验潮站的分布，根据潮汐的潮位波动情况，尽可能地让所选验潮站之间的岸段潮位波动最小。我们将中国海岸线分为 53 个岸段单元（表 2），作为潮间带反演的计算单元。在每个岸段内均分布有 1 个验潮站，以验潮站的观测数据代表对应岸段的潮位数据。针对每个岸段单元，分别下载 1995 和 2015 年不同时期的 2 幅影像，进行水边线提取和高低潮线计算。水边线的提取依据前面的分类，分别进行提取和验证，在此基础上推算出各个岸段的平均坡度，在此基础上计算平均高潮和低潮的校正距离（图 1）。具体步骤为：

表 2 中国沿海海岸分段

代码	岸段/验潮站	代码	岸段/验潮站	代码	岸段/验潮站
1	辽宁鸭绿江口-辽宁庄河港/ 丹东新港	19	江苏新淮河口-江苏扁担港/ 滨海港	37	福建水澳-建安海湾区/ 深沪港
2	辽宁庄河港-辽宁旅顺港/ 大连	20	江苏扁担港-江苏射阳河口/ 射阳河口	38	福建安海湾区-福建西溪口/ 石井
3	辽宁旅顺港-辽宁葫芦山湾口/ 金县	21	江苏射阳河口-江苏新洋港/ 新洋港	39	福建西溪口-福建赤兰溪口/ 厦门
4	辽宁葫芦山湾口-辽宁辽河口/ 鲅鱼圈	22	江苏新洋港-江苏晚庄港/ 新洋港	40	福建赤兰溪口-广东乌坎港/ 汕头
5	辽宁辽河口-辽宁大凌河口/ 老北河口	23	江苏晚庄港-江苏吃饭港/ 陈家坞	41	广东乌坎港-广东渡头河口/ 汕尾
6	辽宁大凌河口-辽宁烟台河口/ 锦州港	24	江苏吃饭港-江苏新开港/ 琼港	42	广东渡头河口-广东珠江口/ 香港
7	辽宁烟台河口-辽宁狗河口/ 团山角	25	江苏新开港-上海长江入海口/ 吕四	43	广东珠江口-广东那龙河口/ 澳门
8	辽宁狗河口-河北饮马河口/ 芷锚湾	26	上海长江入海口-上海芦潮港/ 中浚	44	广东那龙河口-广东博茂港/ 西葛
9	河北饮马河口-河北陡河口/ 京唐港	27	上海芦潮港-浙江海盐塘口/ 金山嘴	45	广东博茂港-广东老港/ 湛江
10	天津陡河口-河北北排河口/塘沽	28	浙江海盐塘口-浙江北排江口/ 澈浦	46	广东老港-广东蛋场港/ 流沙
11	河北北排河口-山东黄河入海口/ 东风港	29	浙江北排江口-浙江金塘港/ 镇海	47	广东蛋场港-广东安铺港/ 下泊
12	山东黄河入海口-山东黄水河口/ 龙口	30	浙江金塘港-浙江大嵩江口/ 崎头角	48	广东安铺港-广西北海港/ 铁山港
13	山东黄水河口-山东威海港/ 烟台	31	浙江大嵩江口-浙江中央港/ 西泽	49	广西北海港-广西北仑河口/ 企沙
14	山东威海港-山东车道河口/ 成山角	32	浙江中央港-浙江洞港/旗门港	50	海南海南湾口-海南东方港/ 三亚
15	山东车道河口-山东辛家港/石岛	33	浙江洞港-浙江桐丽河口/海门	51	海南东方港-海南湾口/新盈
16	山东辛家港-山东潮河口/青岛	34	浙江桐丽河口-浙江温州湾口/ 东门村	52	台湾永安港-台湾红毛港/ 基隆
17	山东潮河口-江苏灌河口/岚山港	35	浙江温州湾口-浙江大门港/ 瑞安	53	台湾红毛港-台湾永安港/ 高雄
18	江苏灌河口-江苏新淮河口/燕尾	36	浙江大门港-福建水澳/ 三沙		

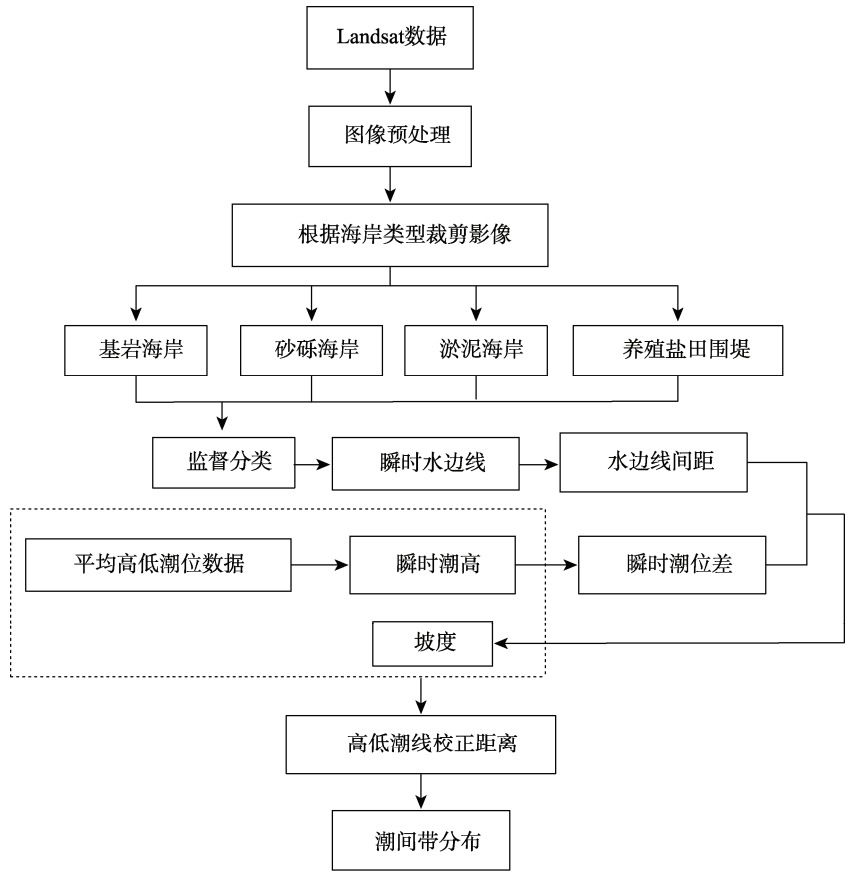


图 1 中国潮间带模拟数据集的构建技术路线

通过计算同一区域相邻时刻两景影像过境时的潮位差与瞬时水边线之间的距离，计算出潮间带坡度；然后结合平均高潮潮位数据与平均低潮潮位数据以及过境时刻潮位  $h$ ，计算出高潮校正距离与低潮校正距离。各个参数的计算公式如下：

$$\theta = \arctan \frac{\Delta H}{\Delta L} \tag{1}$$

$$L_{\text{low}} = \frac{h - H_{\text{low}}}{\tan \theta}, L_{\text{high}} = \frac{H_{\text{high}} - h}{\tan \theta} \tag{2}$$

$$h = H_{\text{high}} - \frac{\Delta h}{2} \left[ 1 - \cos \left( \frac{t - T_{\text{high}}}{T_{\text{low}} - T_{\text{high}}} \times 180 \right) \right] \tag{3}$$

式中， $\theta$  为潮间带坡度， $\Delta H$  为同一区域相邻时刻两景影像过境时的潮位差， $\Delta L$  为同一区域相邻时刻两景影像瞬时水边线距离， $H_{\text{high}}$  为多年平均高潮潮位数据， $H_{\text{low}}$  为多年平均低潮潮位数据， $h$  为任意时刻潮高， $t$  为当时时刻， $T_{\text{high}}$  为当日高潮时， $T_{\text{low}}$  为当日低潮时。

4 数据结果

中国潮间带数据集包括 2 个文件夹，每个文件夹下的文件名称根据行列号命名。数据格式为 .shp，数据可以运用 ArcMap 进行空间展示（图 2）。

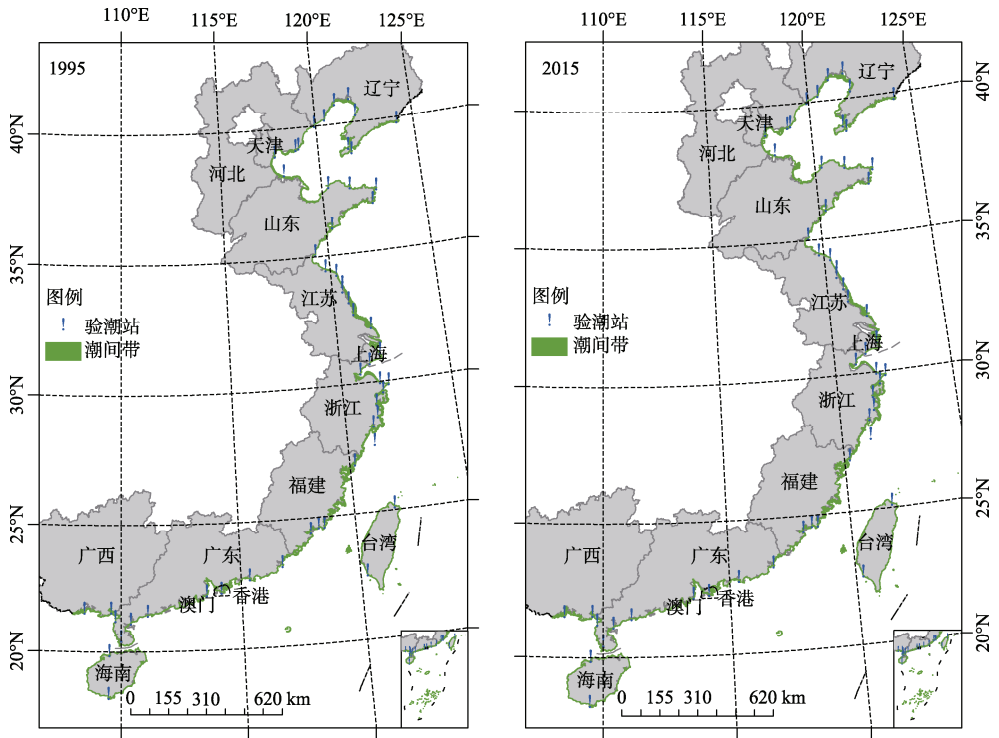


图2 中国潮间带分布数据可视化图<sup>[10]</sup>

5 讨论和总结

由于卫星遥感观测资料的瞬时性和潮汐变化的动态性，直接的遥感资料无法直接用于潮间带的监测。本数据集采用了遥感资料与实际观测资料相结合，并采用地理信息系统模拟的方法模拟了中国滨海潮间带的分布。本数据集的空间分辨率为 30 m，时间分辨率为 1 年；分别利用 1995 和 2015 年全国滨海的 Landsat TM/OLI 遥感卫星数据，推算了 1995 至 2015 年间中国潮间带的分布及变化情况。

中国滨海潮间带面积 2015 年为 14,070 km<sup>2</sup>，比 1995 年减少了 1,375 km<sup>2</sup>，减少了 8.9%。沿海各省中，潮间带面积减少最多以及减幅最大的是浙江省，减少了 1,189 km<sup>2</sup>，减幅达到 43.7%；江苏省潮间带面积在 1995 年全国第 1，而到 2015 年潮间带面积减少至第 4 名。中国沿海各岸段中，上海芦潮港-浙江金塘港之间的潮间带面积减幅最大，达 56.5%；而福建水澳-安海湾口之间的潮间带面积增加最多，达 445.59 km<sup>2</sup>，增幅达到 37.28%。

总体上，人类对滨海潮间带的开发利用和海平面上升带来的“挤压效应”是中国滨海潮间带减少的主要原因；同时其他自然因素的变化，如入海河流泥沙含量以及海岸水动力变化等也是影响滨海潮间带变化的重要因素。这些因素造成了部分潮间带向海推移和面积的扩大。该数据集对于了解全国潮间带的分布及其变化情况，认识社会经济发展对滨海潮间带的开发利用和海平面上升对潮间带造成的影响，以及滨海湿地的保护与恢复提供了有意义的参考。

针对被开发利用的潮间带，我们采用目视解译的方法，来纠正模拟高潮线的位置，以消除误差，进而得到真实潮间带的分布。对于海边堤坝、道路和港口这一类水陆硬边界，我们同样采用目视解译纠正模拟高潮线的位置。图3为大凌河口-烟台河口的部分岸段，左图的潮间带主要是被围填海、城镇建设、港口建设等占用，右图的潮间带主要是被围填海、围海养殖等占用，对于这种情况我们均采用目视解译的方法纠正模拟高潮线的位置。

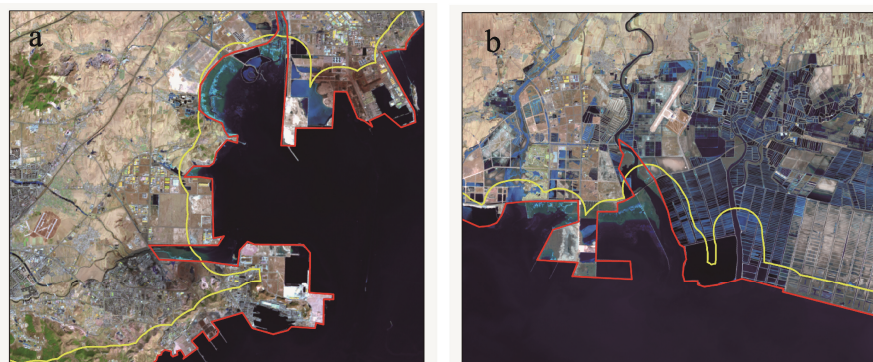


图3 模拟高潮线（黄线）和真实高潮线（红线）的差异

基于区域的实验证明，本数据集的生产方法稳定可行，数据集误差为3%–10%<sup>[6]</sup>。数据集对于了解全国潮间带的态势具有参考价值。但受限于遥感资料分辨率和滨海高精度地形资料的限制，由此模拟得到的潮间带数据在应用于大比例尺（1/5万及以上）或者滨海地形较为陡峻的区域时，会存在一定误差。未来可以采用空间分辨率和时间分辨率更高的卫星资料或无人机数据来提高潮间带模拟的精度，采取本文方法进行数据更新。

## 参考文献

- [1] 顾燕. 潮间带地形遥感动态监测体系研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2013: 1–101.
- [2] Murray, N. J., Stuart, R. P., Robert, S. C., *et al.* Continental scale mapping of tidal flats across East Asia using the landsat archive [J]. *Remote Sensing*, 2012, 4: 3417–3426.
- [3] Sagar, S., Roberts, D., Bala, B., *et al.* Extracting the intertidal extent and topography of the Australian coastline from a 28 year time series of Landsat Observations [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2017, 195: 153–169.
- [4] 蔡锋, 苏贤泽, 刘建辉等. 全球气候变化背景下我国海岸侵蚀问题及防范对策[J]. *自然科学进展*, 2008, 18(10): 1093–1103.
- [5] 韩倩倩, 牛振国. 基于潮位校正的中国潮间带模拟数据集[DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2019. DOI: 10.3974/geodb.2019.01.20.V1.
- [6] 王靖雯, 牛振国. 基于潮位校正的盐城滨海潮间带遥感监测及变化分析[J]. *海洋学报*, 2017, 39(5): 149–160.
- [7] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. DOI: 10.3974/dp.policy.2014.05 (2017 年更新).
- [8] 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.
- [9] 张旭凯, 张霞, 杨邦会等. 结合海岸类型和潮位校正的海岸线遥感提取[J]. *国土资源遥感*, 2013, 25(4): 91–97.
- [10] 韩倩倩, 牛振国, 吴孟泉等. 基于潮位校正的中国潮间带遥感监测及变化[J]. *科学通报*, 2019, 64(4): 456–473.