

海平面上升对惠州沿海地区的影响分析

董永宏¹, 苏丽云^{1*}, 余清华², 黄诗宁¹

¹惠州市海洋信息中心, 广东 惠州

²惠州市海洋技术中心, 广东 惠州

收稿日期: 2022年8月3日; 录用日期: 2022年8月31日; 发布日期: 2022年9月7日

摘要

海平面上升及其影响日益引起全球关注。惠州市是粤港澳大湾区地市之一, 为广东省海洋大市。惠州市沿海县区各岸段特点明显, 海岸线普遍遭受海岸侵蚀。本文主要研究海平面上升对海岸侵蚀及海岸防护设施的影响, 结果显示海岸侵蚀较严重及会降低海岸防护设施防护等级。

关键词

惠州, 海平面上升, 海岸侵蚀, 海岸防护设施

Analysis of the Impact of Sea Level Rise on Coastal Areas of Huizhou City

Yonghong Dong¹, Liyun Su^{1*}, Qinghua Yu², Shining Huang¹

¹Marine Information Center of Huizhou, Huizhou Guangdong

²Marine Technology Center of Huizhou, Huizhou Guangdong

Received: Aug. 3rd, 2022; accepted: Aug. 31st, 2022; published: Sep. 7th, 2022

Abstract

Sea Level Rise and its impact have increasingly attracted global attention. Huizhou is one of the ci-

*通讯作者。

ties in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay area, and is a major marine city in Guangdong Province. The coastal areas of Huizhou have obvious characteristics, and the coastline is generally subject to coastal erosion. This paper mainly analyzed the impact of sea-level rise on coastal erosion and coastal protection facilities. The results show that coastal erosion is serious and the protection level of coastal protection facilities will be reduced.

Keywords

Huizhou City, Sea Level Rise, Coastal Erosion, Coastal Protection Facilities

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

气候变暖、冰川融化等引起的海平面变化及其影响已引起全球关注。海平面上升，加大了沿海地区海洋灾害影响程度，对沿海地区经济发展和人类生存具有重大影响。越来越多的国家，开展海平面变化影响调查研究。海平面上升 1 米，地球将损失 500 万平方千米的陆地和三分之一耕地，10 亿余人口会受到影响[1] [2] [3] [4]。《第二次气候变化国家评估报告》显示，我国海平面在一个世纪上升了 20~30 厘米[5]。自然资源部《2021 中国海平面公报》显示，1980 年至 2021 年，我国沿海海平面变化总体呈波动上升趋势，平均上升速率为 3.4 毫米/年，高于同时段全球平均水平。过去 10 年，广东沿海平均海平面持续处于近 40 年来高位。预计未来 30 年，中国沿海海平面将上升 68~170 毫米[6]。目前国内外相对海平面上升研究主要集中在成因、机理、模拟计算、风险评估、动态监测、防控和管理等方面，与发达国家相比，中国对海平面上升研究存在一定的滞后性，也缺乏陆海统筹及政策管理研究[7] [8] [9] [10] [11]。

惠州为广东省海洋大市，粤港澳大湾区重要组成地市。惠州地处广东省东南部，位于珠江三角洲东北端，拥有大亚湾和红海湾部分海域，海洋资源丰富。全市海域面积 4520 平方公里，大陆海岸线 281.4 公里，大小海湾 28 处，大小岛屿 162 个[12]。由于惠州市沿海县区各岸段特点明显，类型多样，受气候及自然灾害影响，海岸线普遍遭受海岸侵蚀。惠州市海洋信息中心通过近年来的海平面变化监测调查工作，发现惠州沿海地区受到的主要影响是沿海低洼地带被淹没，沙滩面积减少，海岸侵蚀、风暴潮、海水倒灌的灾害程度加剧，降低了海岸防护设施防护效果等。本文主要研究海平面上升对海岸侵蚀及海岸防护设施的影响，提出相关对策建议。

2. 海平面上升对惠州沿海地区的影响

2.1. 对海岸侵蚀的影响

海岸侵蚀是指在风、浪、潮、流的共同作用下，出现海岸线位置后退及海滩下蚀的现象。海平面上升使海浪、潮流等海洋动力作用增强，在海浪水流综合作用下，海岸物质稳定性收到破坏，不断加剧海岸侵蚀程度[13] [14]。

在海平面调查评估过程中，我们在惠州沿海大亚湾黄金海岸、巽寮湾、平海湾、东山海、红海湾、海龟湾国家级自然保护区等 6 个岸段，通过设置监测桩(如图 1 所示)，多时段进行实地勘察来综合评估海岸侵蚀情况。



Figure 1. The survey locations of Coastal Erosion of Huizhou City

图 1. 惠州海岸侵蚀监测桩示意图

2.1.1. 岸线后退

根据《海岸侵蚀灾害监测与评估技术方法》(国家海洋环境监测中心 2015 年 5 月制定)中海岸线后退速率计算方法(连续岸线)计算, 计算公式如下图:

海岸线后退速率计算方法(连续岸线)

两期时间相隔为 t 年的连续岸线监测数据, 原有岸线之间的平面距离分别是 $L_1, L_2, L_3, \dots, L_i, \dots, L_n$ 。这些点与新的岸线连线, 构成区域 S 。其中区域 S 的面积可通过地理信息系统软件进行计算。为了保证监测数据能够反映自然岸段的整体蚀淤演化规律, 计算海岸侵蚀后退速率时, 需要减小异常监测数据的干扰。如果侵蚀的海岸、淤积的海岸或者稳定的海岸, 其单独的连续长度小于所在的完整自然海岸长度的 5%, 在计算海岸侵蚀后退速率时, 采用区域平均的方法。

海岸侵蚀后退速率 v 采用下式计算:

$$v = \frac{1}{t} \frac{S}{\sum L_i}$$

侵蚀岸段长度为原岸段中出现连续侵蚀的岸线测量点的平面距离之和 $\sum L_i$ 。若原岸段中存在多段现连续侵蚀的岸线测量点, 则侵蚀岸段长度为各段连续侵蚀岸线 + 距离和 $\sum L_i$ 的和。

当监测所获得的新岸线发生连续侵蚀后退时, 面积值 S 为负值, 因此岸线变化速率为负值。当监测所获得的新岸线发生连续淤积时, 面积值 S 为正值, 因此岸线变化速率为正值。

我们监测评估统计出了 6 个岸段岸线后退情况如表 1 所示:

Table 1. Coastline receded of the 6 survey coastal sections
表 1. 6 个监测岸段岸线后退情况

岸段名称	总长度 m	侵蚀长度 m	侵蚀面积 m ²	后退速率 m/a	平均后退距离 m	侵蚀强度等级
大亚湾黄金海岸	803	0	0	0	0	
惠东巽寮湾	1236	580	-3511	-36.32	6.05	严重侵蚀
惠东平海湾	800	90.5	-383	-25.39	4.23	严重侵蚀
惠东海龟湾	729	708.4	-5676	-48.07	8.01	严重侵蚀
惠东东山海	1242	119	-213	-10.74	1.79	严重侵蚀
惠东红海湾	1123	530.2	-1058	-11.97	2	严重侵蚀

2.1.2. 岸滩下蚀

根据《海岸侵蚀灾害监测与评估技术方法》(国家海洋环境监测中心 2015 年 5 月制定)中海岸滩下蚀速率计算方法, 计算公式如下图:

岸滩下蚀速率计算方法

两期时间相隔为 t 年的 n 个断面监测数据(坐标点相同或相近)高程差分别为 $z_1, z_2, z_3, \dots, z_i, \dots, z_n$ 。这些点的彼此之间的平面距离分别为 $s_1, s_2, s_3, \dots, s_i, \dots, s_{n-1}$ 。

平均下蚀速率 v 为:

$$v = \frac{1}{t} \frac{1}{\sum s_i} \sum \left(\frac{z_i + z_{i+1}}{2} \cdot s_i \right), i \in (1, n-1)$$

若测量点之间距离相同, 平均下蚀速率为各测量点的平均值。用于计算 z_i 的两个不同时间的数据点, 其误差不得超过 5 m, 否则该点不能参与 z_i 的计算。此外, 参加计算的两列数据的季节应相同, 即 t 应尽量接近于整数。

① 大亚湾黄金海岸海岸线: 2021 年 11 月相对于 2021 年 9 月, H01 监测桩岸滩连续监测点平面距离 s 为 66.24 m, 高程差 z 为 -0.105 m, 时间长度 t 为 1/6 年, 通过计算得到下蚀速率 v 为 -53 cm/a, 参照海岸侵蚀强度等级分级为严重侵蚀。

2021 年 11 月相对于 2021 年 9 月, H03 监测桩岸滩连续监测点平面距离 s 为 32.358 m, 高程差 z 为 -0.154 m, 时间长度 t 为 1/6 年, 通过计算得到下蚀速率 v 为 -85.1 cm/a, 参照海岸侵蚀强度等级分级为严重侵蚀。

② 惠东巽寮湾海岸线: 2021 年 11 月相对于 2021 年 9 月, H05 监测桩岸滩连续监测点平面距离 s 为 13.69 m, 高程差 z 为 0.058 m, 时间长度 t 为 1/6 年, 通过计算得到下蚀速率 v 为 55.8 cm/a, 参照海岸侵蚀强度等级分级为淤积。

2021 年 11 月相对于 2021 年 9 月, H06 监测桩岸滩连续监测点平面距离 s 为 57.419 m, 高程差 z 为 0.179 m, 时间长度 t 为 1/6 年, 通过计算得到下蚀速率 v 为 90.4 cm/a, 参照海岸侵蚀强度等级分级为淤积。

③ 惠东平海湾海岸线: 2021 年 11 月相对于 2021 年 9 月, H08 监测桩岸滩连续监测点平面距离 s 为 33.342 m, 高程差 z 为 -0.358 m, 时间长度 t 为 1/6 年, 通过计算得到下蚀速率 v 为 -225.7 cm/a, 参照海岸侵蚀强度等级分级为严重侵蚀。

2021年11月相对于2021年9月，H10监测桩岸滩连续监测点平面距离 s 为36.245 m，高程差 z 为0.1 m，时间长度 t 为1/6年，通过计算得到下蚀速率 v 为64.1 cm/a，参照海岸侵蚀强度等级分级为淤积。

④ 惠东海龟湾海岸线：2021年11月相对于2021年9月，H11监测桩岸滩连续监测点平面距离 s 为40.537 m，高程差 z 为0.611 m，时间长度 t 为1/6年，通过计算得到下蚀速率 v 为301.1 cm/a，参照海岸侵蚀强度等级分级为淤积。

2021年11月相对于2021年9月，H12监测桩岸滩连续监测点平面距离 s 为17.168 m，高程差 z 为-0.507 m，时间长度 t 为1/6年，通过计算得到下蚀速率 v 为-236.5 cm/a，参照海岸侵蚀强度等级分级为严重侵蚀。

⑤ 惠东东山海海岸线：2021年11月相对于2021年9月，H13监测桩岸滩连续监测点平面距离 s 为20.585 m，高程差 z 为-0.038 m，时间长度 t 为1/6年，通过计算得到下蚀速率 v 为-27.1 cm/a，参照海岸侵蚀强度等级分级为严重侵蚀。

2021年11月相对于2021年9月，H15监测桩岸滩连续监测点平面距离 s 为29.557 m，高程差 z 为0.137 m，时间长度 t 为1/6年，通过计算得到下蚀速率 v 为63.6 cm/a，参照海岸侵蚀强度等级分级为淤积。

⑥ 惠东红海湾海岸线：2021年11月相对于2021年9月，H17监测桩岸滩连续监测点平面距离 s 为45.16 m，高程差 z 为-0.133 m，时间长度 t 为1/6年，通过计算得到下蚀速率 v 为-85.6 cm/a，参照海岸侵蚀强度等级分级为严重侵蚀。

2021年11月相对于2021年9月，H19监测桩岸滩连续监测点平面距离 s 为53.066 m，高程差 z 为-0.412 m，时间长度 t 为1/6年，通过计算得到下蚀速率 v 为-269 cm/a，参照海岸侵蚀强度等级分级为严重侵蚀。

2.2. 对海岸防护设施的影响

海平面上升会使海水水深和潮位增加。海水水深的增加，会导致海浪爬高值和风暴潮加剧，致使原来设计的海岸防护堤防护效果减低，使防护寿命缩短，危及沿海构筑物安全。受海平面变化影响，预计50~100年后，原来设计100年一遇的防护效果会缩短至60年一遇，波浪波高值会比现在增高大概0.5米，增大至约9.2 m [15] [16] [17] [18] [19]。

3. 结论

经过多年的监测结果表明，砂质岸线岸段受到侵蚀影响较多。在监测的岸段中，岸线后退速率可高达-48.07 m/a，岸滩下蚀可高达-269 cm/a。海平面上升对惠州沿海海岸侵蚀影响比较严重，即使海平面上升很小，也会造成大量的海滩损失；还影响海岸防护设施当初设计的防护效果，使防护效果减低。

4. 对策建议

从惠州沿海地区受海平面变化的影响分析来看，本文提出以下几点建议。

1) 加强海洋观(监)测网建设，在重点岸段建立海洋观(监)测站点，建立海洋观(监)测数据库，继续加强海平面变化监测及海洋灾害风险普查工作，更好地掌握惠州沿海地区受海平面变化影响情况，开展精细化的海洋灾害防御和应急管理措施。

2) 在海岸工程建设前期调查评估中，要考虑海平面变化、风暴潮等因素影响，做好海洋灾害风险抵御能力评估，可在岸外建造消浪工程设施，减弱海洋动力，使海岸工程防护设施能达到应对海平面变化带来的影响的防护效果。

3) 坚持陆海统筹的规划, 加强临海岸线岸滩管理, 采取防护工程措施减轻海浪、潮流等海洋动力侵蚀的作用, 防止侵蚀加剧, 并做好受损岸线的修复管理工作[20], 减轻海平面上升所带来的影响, 做好开发与保护协调发展。

参考文献

- [1] 吴涛, 康建成, 王芳, 郑琰明. 全球海平面变化研究新进展[J]. 地球科学进展, 2006, 21(7): 730-737.
- [2] 高超, 汪丽, 陈财, 罗纲, 孙艳伟. 海平面上升风险中国大陆沿海地区人口与经济暴露度[J]. 地理学报, 2019, 74(8): 1590-1604.
- [3] Nicholls, R.J. (2011) Planning for the Impacts of Sea Level Rise. *Oceanography*, **24**, 144-157.
<https://doi.org/10.5670/oceanog.2011.34>
- [4] 石海莹, 吕宇波, 冯朝材. 海平面上升对海南岛沿海地区的影响[J]. 海洋开发与管理, 2018, 35(10): 68-71.
- [5] 《第二次气候变化国家评估报告》编写委员会. 第二次气候变化国家评估报告[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [6] 自然资源部. 2021 年海平面公报[EB/OL].
http://gi.mnr.gov.cn/202205/t20220507_2735509.html, 2022-04-08.
- [7] Qin, C.M. and Yu, X.J. (2012) Impacts of Sea Level Elevation on the Coastal Beach Erosion and Ecosystem of Guangdong. *Guangzhou Environmental Science*, **27**, 25.
- [8] 郑楷源, 高超, 郑铄鑫, 易李艾黎, 谭琳珊, 黄忆梦. 中国沿海地区相对海平面上升研究进展[J]. 宁波大学学报(理工版), 2022, 35(2): 113-120.
- [9] 刘曙光, 刘洋, 尹鹏. 海平面上升对策问题国际研究进展[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版), 2017(6): 7-10.
- [10] Arnall, A. and Kothari, U. (2015) Challenging Climate Change and Migration Discourse: Different Understandings of Timescale and Temporality in the Maldives. *Global Environmental Change*, **31**, 199-206.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.011>
- [11] 常乐, 孙文科. 全球及中国近海海平面变化趋势研究进展及展望[J]. 地球与行星物理论评, 2021, 52(3): 266-279.
- [12] 惠州市人民政府. 自然环境[EB/OL]. http://www.huizhou.gov.cn/zjhz/qyxx/content/post_220645.html, 2022-01-28.
- [13] 陈金月. 基于 GIS 和 RS 的近 40 年珠江三角洲海岸线变迁及驱动因素研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 四川师范大学, 2017.
- [14] 周雄. 北海市海平面变化及其对沿岸的影响[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2011.
- [15] 崔利芳, 王宁, 葛振鸣, 张利权. 海平面上升影响下长江口滨海湿地脆弱性评价[J]. 应用生态学报, 2014, 25(2): 553-561.
- [16] 吴崇泽. 海平面上升对海岸带环境的影响与危害及其防治对策[J]. 灾害学, 1994, 9(1): 34-37.
- [17] 黄镇国, 张伟强, 陈奇礼, 陈特固. 海平面上升对广东沿海工程设计参数的影响[J]. 地理科学, 2003, 23(1): 39-41.
- [18] 陈奇礼, 陈特固. 海平面上升对中国沿海工程的潮位和波高设计值的影响[J]. 海洋工程, 1995, 13(1): 1-7.
- [19] 陈奇礼, 许时耕. 海平面上升对华南沿海工程设计波要素的影响[J]. 海洋通报, 1993, 12(6): 14-17.
- [20] 张振克. 美国东海岸海滩养护工程对中国砂质海滩旅游资源开发与保护的启示[J]. 海洋地质动态, 2002, 18(3): 23-27.