我国海岸侵蚀的成因和防护措施研究

钟超[1],石洪源[1,2],隋意[1],王立杨[1],尤再进[1,2]

(1. 鲁东大学土木工程学院 烟台 264025;2. 鲁东大学港口海岸防灾减灾研究院 烟台 264025)

摘要:为解决当前我国海岸侵蚀现象严重以及海岸防护手段较为单一的问题,文章分析我国海岸侵蚀的成因,并从结构性措施和非结构性措施 2 个角度分析海岸防护手段,从而应对海岸侵蚀灾害。研究结果表明:导致海岸侵蚀的因素分为人为因素和自然因素,目前我国应对海岸侵蚀主要采取结构性措施,即从工程视角加强海岸防护,主要包括硬防护结构和软防护结构 2 种;未来将采取非结构性措施,即从社会科学的视角规范人类行为,从而对海岸进行防护,主要包括规划管理、法律政策和教育普及 3 个类型。

关键词:海岸侵蚀;海岸带;海洋灾害;非结构性措施

中图分类号:P753;P748 **文献标志码:**A **文章编号:**1005－9857(2021)06－0042－04

The Causes and Protective Measures of Coastal Erosion in China

ZHONG Chao[1],SHI Hongyuan[1,2],SUI Yi[1],WANG Liyang[1],YOU Zaijin[1,2]

(1. School of Civil Engineering,Ludong University,Yantai 264025,China;
2. Institute of Ports and Coastal Disaster Mitigation,Ludong University,Yantai 264025,China)

Abstract: In order to solve the problem of serious coastal erosion and single coastal protection measures in China,this paper analyzed the causes of coastal erosion in China,and analyzed how to carry out coastal protection from the perspective of structural measures and non-structural measures,so as to deal with the coastal erosion disasters in China.The results showed that the factors leading to coastal erosion include human factors and natural factors.At present,China mainly adopts structural measures to deal with coastal erosion,that was,strengthening coastal protection from the perspective of engineering,mainly including hard protection structure and soft protection structure; Non-structural measures would be taken in the future,which was to regulate human behavior from the perspective of social science,so as to protect the coast,mainly including planning and management,legal policy and education popularization.

Keywords:Coastal erosion,Coastal zone,Marine disasters,Non-structural measures

收稿日期:2020-07-31;**修订日期:**2021-06-02

基金项目:NSFC-山东联合重点基金项目(U1806227);泰山学者人才工程项目(TSHW201502050).

作者简介:钟超,硕士研究生,研究方向为海岸工程

通信作者:尤再进,博士,研究方向为海岸带灾害、物理海洋和海岸工程

0　引言

我国是世界上海岸线最长的国家之一[1]，海岸带及与其相连的海底蕴藏丰富的资源。我国海岸带城市面积约占全国陆域面积的 13%，却居住着全国约 41%的人口，国民生产总值约占全国的 60%。海岸带是陆海相互作用的地带，受海水、淡水、冰、降雨、蒸发、陆地和大气的影响较大，因此海岸带对各种自然过程和人类活动等引起的环境扰动比较敏感[2]。自然或人为因素的影响可能导致海岸带的水动力增强或泥沙供给量减少，从而发生海岸侵蚀的现象，这对我国海岸侵蚀防护工作提出新的挑战。

范晓婷[3]归纳和总结我国海岸线的变迁及其原理，分析海岸线破坏情况及其机理，并提出加强我国海岸线保护的建议；罗时龙等[4-5]根据海岸侵蚀的成因机制和管理方法，将我国的海岸侵蚀分为砂质海岸侵蚀、淤泥质海岸侵蚀、生物海岸侵蚀、软岩海岸侵蚀和海岸工程侵蚀 5 个类型，并针对每种类型的海岸侵蚀提出相应的整治和防治措施；王玉珏等[6]提出利用柔性工法建造能够自然保全或改善生态环境的构造物，从而复原被破坏的海岸自然环境；左书华等[7]认为近年来海岸侵蚀现象越发严重，从自然和人为因素方面都揭示侵蚀的不可避免性，因此应因地制宜采用不同的防护措施和组合方式，以求达到最好的防护效果；Cozannet 等[8]认为在海平面上升的状况下科学评估海岸侵蚀现象的进展，对海岸带综合治理具有重要意义。

随着我国对海岸侵蚀研究的愈发成熟，海岸侵蚀的防护措施从最初的硬防护工程逐渐向对生态环境影响较小的软防护工程转换，但应对海岸侵蚀的手段仍较为单一，且多为在海岸侵蚀发生后采取修复等结构性措施，而对规划管理、法律政策和教育普及等非结构性措施的应用较少。结构性措施和非结构性措施既相互独立又相互补充，其中非结构性措施体现源头控制、自然和生态性以及非工程方法三大特性[9]，且比较灵活，可在海岸侵蚀发生前进行处理，从而保护海岸带资源。本研究主要分析我国海岸侵蚀的成因以及结构性措施和非结构性措施的应用，为加强我国海岸侵蚀防护提供参考。

1　我国海岸侵蚀的现状和成因

我国海岸线可分为人工岸线和自然岸线，其中人工岸线主要包括城镇岸线、防护岸线、农田岸线、港口码头岸线和养殖岸线，自然岸线主要包括淤泥质岸线、基岩岸线、生物岸线、砂质岸线和河海界限。1980—2015 年我国海岸线长度不断增加，大陆岸线长度增长 12%，其中人工岸线飞速增长，而自然岸线显著减少；1980 年以自然岸线为主（占比约为 63%），至 2015 年以人工岸线为主（占比约为 74%）[10]。自 20 世纪 50 年代以来，我国海岸侵蚀现象日益严重，至 70 年代末除原有海岸段侵蚀后退外，还不断出现新的侵蚀海岸段，总侵蚀量不断增加[7]。我国海岸侵蚀具有范围广和速率快的特点，对沿海经济的发展造成不利影响[4]。

研究表明，导致海岸侵蚀的因素主要包括自然因素和人为因素。当这些因素使海岸带水动力增强或泥沙供给量减少时，就会发生海岸侵蚀现象。

自然因素主要包括 6 个方面。①海平面上升。温室气体排放的增加使全球气候变暖，导致冰川开始消融、南极冰盖不断解体、海水受热膨胀以及海平面不断上升，从而导致海岸侵蚀后退；但海平面上升对海岸侵蚀的影响力相对较小。②波浪作用。波浪作用是主导海岸演变的重要因素，波浪会重新分送河流排出的泥沙，对海岸造成冲击，从而导致海岸侵蚀。③潮流作用。潮汐升降使波浪对海岸作用的范围和强度时刻发生变化，同时潮流运动可使悬移物质向其他地点运输，从而导致海岸侵蚀。④风暴潮。风暴潮又称风暴增水，是指海面受台风、气旋、强风和气压骤变的影响而产生异常升降，使潮位远超平常潮位的现象；风暴潮引起增水，在大风浪作用下会加剧海岸侵蚀。⑤生物作用。生物的新陈代谢和繁殖会对海岸的岩石产生破坏力，从而导致海岸侵蚀。⑥气候作用。不同的气候条件对海岸的作用形式和作用强度不同，使海岸风化具有不同的特点，如向岸表面风吹流引起向海底部回流，造成海岸泥沙流失。

人为因素主要包括 5 个方面。①修建海岸工程。海岸工程会导致沿海城市自然岸线的人工化，不合理的海岸工程会破坏当地海岸线的动态平衡，

海滩剖面会在新动力因素下重新塑造，可能对海岸造成侵蚀影响。②采砂活动。采砂活动引起海岸泥沙亏损，可直接导致海岸线后退。③修建水利工程。在入海河流上游修建水利工程会导致河口潮流作用增强以及河流入海径流和输沙量减少，造成海岸侵蚀；在导致海岸侵蚀的各种因素中，危害最大的就是入海泥沙减少，尤其是修建水利工程等人为活动。④海岸生态被破坏。红树林和珊瑚礁等具有消浪和促淤保滩的作用，是天然的海岸保护屏障；人为活动破坏这些屏障，导致水土流失，进而发生海岸侵蚀。⑤地下水和油气资源开采。过量开采地下水和油气资源会导致地面下沉和海平面相对上升，加剧海岸侵蚀。

2 防护措施

2.1 结构性措施

目前我国应对海岸侵蚀主要采取结构性措施，即从工程视角加强海岸防护，主要包括硬防护结构和软防护结构 2 种。

不同形式的硬防护结构具有各自的特点，总体来说具有原材料造价低、便于施工和使用寿命较长的优点，但通常会改变原始海岸的泥沙收支平衡，造成新的侵蚀或淤积。常见的硬防护结构包括 3 种。①丁坝。丁坝又称挑流坝，通常与海岸呈丁字形，是与海岸正交或斜交并深入海中的海岸建筑物。由丁坝组成的护岸工程的主要功能是使海岸和海岸建筑物不受浪潮的直接作用，从而保护海岸和海岸建筑物免遭冲刷。与此同时，丁坝不仅在改善航道和保护水生态平衡上发挥显著作用，而且可削弱对海岸的侵蚀和促进坝田淤积；长时间的淤泥堆积也会生成新的海滩，进而达到保护海滩的目的[11]。②离岸堤。离岸堤是与海岸线平行且具有一定距离的海岸建筑物，可用于消除入射波能并使泥沙在堤后淤积，从而发挥保护海岸的作用。③防波堤。防波堤是为阻断波浪冲击力、围护港池和维持水面平稳，保护港口免受恶劣天气影响，使船舶安全停泊和作业而修建的水中建筑物[12]。防波堤还可起到防止港池淤积和波浪冲蚀海岸线的作用[13]。

由于硬防护结构可能会改变原始海岸的泥沙收支平衡，有国外学者提出较先进的海岸防护措施，即软防护结构。软防护结构属于更接近海岸自然结构形式的防护措施，对环境影响较小。对于一些旅游沙滩，采用软防护结构能在极大程度上维持原始沙滩的样貌，对旅游业的可持续发展具有一定的意义。常见的软防护结构包括 3 种。①人工养滩。人工养滩主要是向海岸抛沙以不断补充新的沙源，具有便捷、生态以及可保持当地海岸动态平衡等特点，目前被全国广泛接受。②人工鱼礁。人工鱼礁是人为在海底设置的各种适于动物集群和栖息的固定物体，具有消浪和保护海岸的作用，并可改善生态系统平衡。③植被防护。红树林具有防风消浪、促淤造陆和抵御海啸的功能[14]，一些沿海地区大量种植红树林和芦苇等植物，可起到显著的消波护滩作用[15]。

在实际工程建设时，可采用硬防护结构和软防护结构相结合的方式应对海岸侵蚀。不同的结构性措施具有不同的应用特点、应用范围和应用前景，对环境的影响也各不相同。因此，应扬长避短，充分利用各种防护结构的优点来弥补彼此的缺点，从而达到更好的防护效果。

2.2 非结构性措施

非结构性措施从社会科学的视角关注人类行为对环境的影响[9]，主要包括规划管理、法律政策和教育普及 3 个类型。

2.2.1 规划管理

对于加剧海岸侵蚀的不利人为活动，可采取规划管理的手段加以限制，主要包括 3 种方法。①划定保护线和保护区。例如：设置海岸建设后退线，在规定范围内不允许工程建设，防止因工程建设改变海岸的泥沙收支平衡；设置开放型和不开放型沙滩，其中开放型沙滩包括观光旅游沙滩和海水浴场等，不开放型沙滩主要为避免环境遭受破坏。②合理规划海岸线结构。根据所在城市海岸线的特点，合理规划旅游、港口或水产等功能；针对各地海岸的特点，促使水利工程和海岸工程建设对当地海岸产生有利影响，并使海岸带资源得以高效利用。③完善海岸管理系统。加强对海岸的信息收集、监测、处理和决策，充分利用和有效管理海岸资源，实

现对海岸的信息化管理；利用遥感技术监测海岸，及时获取海岸侵蚀动态，并利用所得数据建设数据库，为海岸的调查、研究和管理提供科学依据。

2.2.2　法律政策

建设源头严防、过程严管和后果严查的海洋环境保护法律体系，做到执法必严和违法必究。海岸带环境保护涉及交通运输、文化旅游、自然资源和环境保护等多个部门，为确保工作的顺利进行，须建立相关法律制度以保证各部门之间的互相协调和长期合作。此外，“一刀切”有利于对政策的理解和贯彻实施，而对于复杂问题可用“留弹性”的政策解决；但“留弹性”的政策易导致规划失去控制，因此要因地制宜和适度把握。

2.2.3　教育普及

我国海岸侵蚀日益严重，人为因素是主要原因[16]。通过教育可使人们了解海岸侵蚀的严重性和海岸资源的重要性，从而提高海岸保护意识。因此，应从加强宣传、学校教育和法律普及 3 个方面推广海岸防护知识。①在沿海城市利用影视作品和公益广告等形式加强宣传；②新时代的青年是未来国家建设的重要力量，通过开设相关课程，使学生普遍形成海岸保护意识；③明确破坏海岸资源的个人或企业将承担的后果，发挥法律的警示作用。

3　结语

随着海洋经济的迅速发展和人类活动的不断加剧，我国自然岸线占比下降而人工岸线占比提高，海岸侵蚀现象愈发严重。众多学者针对海岸侵蚀的成因和防护措施进行深入研究，我国海岸侵蚀防护措施也不断完善。由于海岸带环境十分复杂，不同区域的特征不尽相同，海岸侵蚀防护具有一定的难度。因此，亟须继续深入研究以寻求更好的防护手段，实现从结构性措施向非结构性措施的转变，提高人们对海岸带资源的保护意识，有效预防人为因素的不利影响。

参考文献

[1]　衣伟虹.我国典型地区海岸侵蚀过程及控制因素研究[D].青岛：中国海洋大学，2011.

[2]　黄康宁，黄硕琳.我国海岸带综合管理法律问题探讨[J].广东农业科学，2010，37(4)：350－354.

[3]　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(1)：28－32.

[4]　罗时龙.海岸侵蚀风险评价模型构建及其应用研究[D].青岛：中国海洋大学，2014.

[5]　罗时龙，蔡锋，王厚杰.海岸侵蚀及其管理研究的若干进展[J].地球科学进展，2013，28(11)：1239－1247.

[6]　王玉珏，陈新民，桂建达，等.柔性工法在海岸防护工程中的应用研究：以江苏海岸带为例[J].江苏建筑，2011(5)：72－74，91.

[7]　左书华，李九发，陈沈良.海岸侵蚀及其原因和防护工程浅析[J].人民黄河，2006(1)：23－25，41.

[8]　COZANNET G L，GARCIN M，YATES M，et al. Approaches to evaluate the recent impacts of sea-level rise on shoreline changes[J].Earth-Science Reviews，2014，138：47－60.

[9]　姜涛，屈雯雯，HASSAN A.美国大学雨洪管理中的非结构性措施初探[J].中国水利，2019(7)：57－60.

[10]　肖锐.近三十五年中国海岸线变化及其驱动力因素分析[D].上海：华东师范大学，2017.

[11]　祝贺新，孟祥吉，于林平，等.海岸硬防护与海岸软防护综述[J].山西建筑，2018，44(15)：235－237.

[12]　白永顺.卧式圆筒防波堤和围埝结构研究[D].天津：天津大学，2017.

[13]　龙翔宇.波流耦合作用下气幕防波堤消波行为特性研究[D].青岛：中国海洋大学，2015.

[14]　李玫.红树林生态防护效应研究进展[J].防护林科技，2017(2)：54－57.

[15]　吉学宽，林振良，闫有喜，等.海岸侵蚀、防护与修复研究综述[J].广西科学，2019，26(6)：604－613.

[16]　詹坤，张琨，郑艳娜.我国海岸带侵蚀与防护的应用现状研究[J].山西建筑，2016，42(27)：167－168.