

王 建,张军强,郭志谦,等. 莱州湾南部地区 1973—2016 年海岸演化及防护对策[J]. 海洋地质前沿,2019,35(2):27-36.

莱州湾南部地区 1973—2016 年 海岸演化及防护对策

王 建^{1,2},张军强^{3*},郭志谦¹,李亚蒙³,郭 颖³

(1 山东省地质矿产勘查开发局第四地质矿产勘查院,山东潍坊 261021;2 山东省地质矿产勘查开发局
海岸带地质环境保护重点实验室,山东潍坊 261021;3 临沂大学地质与古生物研究所,山东临沂 276000)

摘 要:全球气候变暖、海平面上升加剧了海岸侵蚀,为海岸带地区的工程建设、经济发展和生态环境保护等造成了重大威胁。研究莱州湾南部海岸演化规律,可为潍坊市经济社会可持续发展、建设“海上山东”等提供理论支持。通过莱州湾南部地区陆地资源卫星影像,对 1973—2016 年海岸带自然景观进行分析,提取了莱州湾南部 1973 年、1980 年、1990 年、2000 年、2010 年、2016 年的 6 期海岸线。研究结果表明,莱州湾南部 40 多年来海岸线演化与海岸带建设和经济发展密切相关,具有阶段性的特征。总的来说,莱州湾南部逐渐由天然海岸转变为人工海岸,海岸工程大规模修建地区海岸线向海推进,否则海岸线向陆退缩。莱州湾南部海岸线演化的主要控制因素有海平面上升、河流输沙减少和海岸工程建设。1990 年前自然因素起主导作用,2000 年后人类活动占主导地位。海平面上升给莱州湾南部海岸防护和侵蚀海岸的修复工作造成持续缓慢的压力。莱州湾南部海岸防护工作应以长期持续的现场观测为基础,遵循海岸线演化规律,开展综合手段防护治理,同时完善立法,提高管理水平。

关键词:海岸演化;海岸侵蚀;海岸防护;莱州湾

中图分类号:P737 **文献标识码:**A **DOI:**10.16028/j.1009-2722.2019.02004

0 引言

海岸带地区是世界人口、城市和社会财富最密集的地区,海岸线波动尤其是海岸侵蚀与人类的生存发展息息相关^[1]。海岸侵蚀作为全球性的

环境地质问题,受到国内外学者的广泛关注,开展了海岸演化的野外观测和理论研究工作^[2-6]。河流输沙减少、海平面上升以及人类的生产活动^[7-10]是导致海岸侵蚀的主要原因。20 世纪上半叶,我国沿海大部分侵蚀海岸范围尚不突出,50 年代以来,我国海岸侵蚀日渐明显。60 年代初期,我国海岸带侵蚀淤积态势发生逆转,多数海岸带由淤积或者稳定状态转为侵蚀。至 70 年代末期,除了原有的岸段侵蚀后退之外,还不断出现新的侵蚀岸段,总的侵蚀正在不断增加,侵蚀程度加剧^[4,5]。随着持续海平面上升和人类活动的影响,海岸侵蚀作用持续增强,至 20 世纪 90 年代,我国 70% 的沙质海滩和大部分处于开阔海域的泥质潮滩遭受侵蚀^[4]。最近 20 多年以来,海岸带

收稿日期:2018-09-21

基金项目:山东省自然科学基金联合专项(ZR2016DL4);国家自然科学基金青年项目(41606059);国土资源部海洋油气资源和环境地质重点实验室开放基金(MRE201309)

作者简介:王 建(1983—),男,硕士,工程师,主要从事水文地质与海洋地质方面的研究工作。E-mail:56798617@163.com

*** 通讯作者:**张军强(1983—),男,博士,讲师,主要从事沉积学与矿物学研究工作。E-mail: zhangjunqiang@lyu.edu.cn

的侵蚀呈现加剧趋势,许多地区海岸滩涂侵蚀范围和侵蚀强度持续增强^[6,10]。

莱州湾地区是我国遭受海岸侵蚀最严重的地区之一,许多学者对莱州湾地区海岸带开展了大量的研究,取得了很多重要成果^[11-16]。丰爱平等^[13]基于海图、地形图和遥感图像等历史资料的对比分析,研究了 1958—2004 年莱州湾南岸的海岸侵蚀。李蒙蒙等^[14]以遥感影像和海图为数据源,综合分析了莱州湾西—南部淤泥质海岸最近 50 年来的地貌演变。战超等^[16]以海图、地形图和高分辨率遥感影像为数据源进行综合分析,研究莱州湾东部砂质海岸近 60 年来的地貌演变。莱州湾南部入海河流众多,河流入海沉积物受到潮汐、波浪、沿岸流和风暴潮等海洋作用的多重影响,海陆作用复杂。自 20 世纪 70 年代以来,莱州湾南部海岸就开始逐步遭受侵蚀。海平面上升,入海泥沙减少和风暴潮作用^[17-19]是该地区海岸遭受侵蚀主要原因,三者的权重比约为 5 : 3 : 2^[13]。目前,该地区海岸线形态主要受人类生产活动的控制,呈现冲淤交替的分布特征^[16]。近年来,随着潍坊市经济迅速发展,开展了市区水利工程建设、沿海围海养殖、人工采砂和填海造陆等经济建设项目,对莱州湾南部地区生态与环境造成巨大压力。本文根据遥感资料详细解译了莱州湾南部

1973—2016 年以来的岸线演化,分析莱州湾南部海岸线时空变迁,探讨海岸带侵蚀淤积演变规律,为科学预测海岸地貌演变趋势提供理论依据,为潍坊近海地区经济可持续发展和建设“海上山东”提供理论支持。

1 研究区概况

莱州湾位于渤海南部,是一个半封闭的海湾。莱州湾南部海岸为小清河至胶莱河之间的岸段,全长约 140 km(图 1)。莱州湾地区主要为不正规半日潮,平均潮差 1 m。西部为正规半日潮,最大可能潮流在 100~150 cm/s 之间;东部为不正规半日潮,最大可能潮流在 50~100 cm/s 之间,潮流流速西部高、东部低^[20]。渤海地区 M_2 分潮流的分布为中部小而近岸大,莱州湾半日分潮流的椭圆长轴由湾口指向湾顶^[20]。莱州湾地区风暴潮作用频繁,在 1950—2013 年间,平均每 3 年发生 1 次灾害性风暴潮,其中在 2007—2013 年间增加至每年 1 次。黄河口入海径流在清水沟南北两侧形成 2 个黄河口环流,位于黄河口北侧和莱州湾中部,分别形成北烂泥湾和南烂泥湾^[21]。渤海沿岸流中的鲁北沿岸流常年自黄河口经莱州湾南部地区向东流动^[20]。

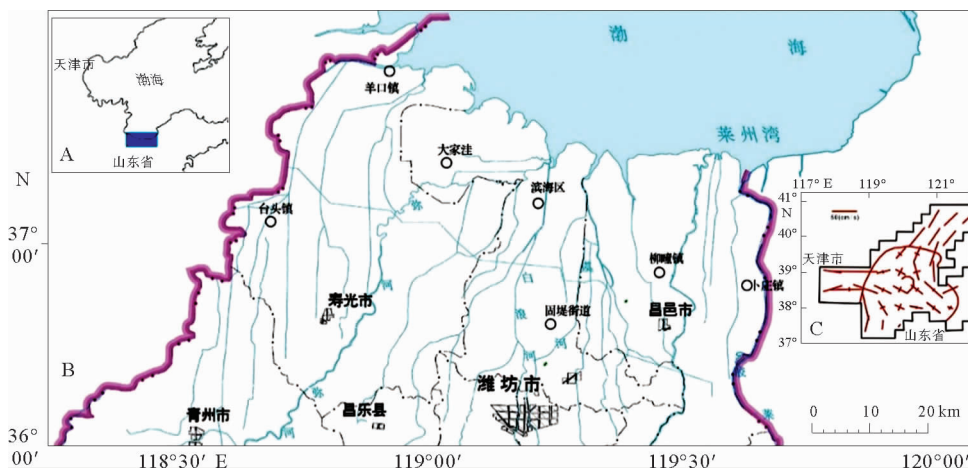


图 1 (A)研究区位置;(B)莱州湾南部地区行政区划及入海河流;(C)渤海地区 M_2 分潮流的椭圆长轴分布(据文献^[20]修改)

Fig. 1 (A)Location of the studied area; (B)Administrative division and streams around southern Laizhou bay; (C)Distribution of major and minor axes of the ellipse of M_2 constituent of the Bohai Sea (modified from reference^[20])

潍河、弥河、白浪河、胶莱河和小清河等 5 大山地小河流由南向北注入莱州湾(图 1),这 5 条

河流年平均输沙量约为 30.1~473.15 万 t,随着上游水库的修建,河流年平均输沙量都明显减少

(表 1)。弥河、白浪河、潍河和胶莱河在莱州湾南部形成了集群河流三角洲(潍河—弥河三角洲)^[22]。莱州湾东南部主要受潍河、堤河和胶莱河影响,沉积物粒度较粗,以砂质粉砂为主;莱州湾西南部沉积物主要受黄河沉积物影响,沉积物粒度较细,以粉砂或砂质泥为主^[23]。

表 1 主要河流水库修建前后输沙量对比(据文献[24])
Table 1 Comparison of sediment charges of the major rivers in the region before and after the construction of reservoirs(from reference [24])

河流	水文站	时间/年	年均输沙量/万 t	时间/年	年均输沙量/万 t	损失量/万 t
小清河	石村	1958—1970	83.64	1971—1980	43.74	39.9
弥河	寒桥	1952—1957 冶源水库建前	112.8	1958—1980	93.1	19.7
潍河	辉村	1952—1959 峡山水库建前	473.15	1960—1980	77.93	395.22
胶莱河	王家庄	1952—1957	30.1	1958—1980	8.3	22.8

近年来,莱州湾南部地区经济发展迅速,开发强度大。1990—2000 年间,莱州湾南部海岸三角洲平原地区进行了一次大规模的盐田建设。2000—2016 年间,尤其是 2010 年之后,莱州湾南部的河口三角洲和海岸滩涂进行了大量的建设和改造,主要内容包括围填海、盐田、养殖以及城市化和城镇化进程^[25]。目前,莱州湾南部海岸滩涂以及浅海水都已经被大面积的围填,人工改造明显,很多地方已无天然海岸。

2 材料和方法

搜集莱州湾南部 1973 年、1980 年、1990 年、2000 年、2010 年、2016 年陆地资源卫星影像(图

2、3),分析海岸带自然景观变化特征,提取 1973—2016 年的 6 期海岸线(图 4)和各段海岸平均侵蚀淤积速率(表 2)。海岸线变化影响因素包括自然因素(即自然侵蚀和自然淤积)和人类活动(即人工挖掘和人工填埋)。其中自然海岸线以平均高潮线为标准,即海岸带植物生长的下限。人工岸线选其向海一侧的外沿,人工挖掘和人工填埋分别代表了侵蚀作用和淤积作用。基于各阶段海岸线展布,结合相关研究文献和数据资料,定性探讨莱州湾南部海岸线变化特征及其影响因素。

本文主要依托潍坊市矿产资源管理中心的“潍坊市环境地质调查”项目,并由山东省第四地质矿产勘查院调查实施。

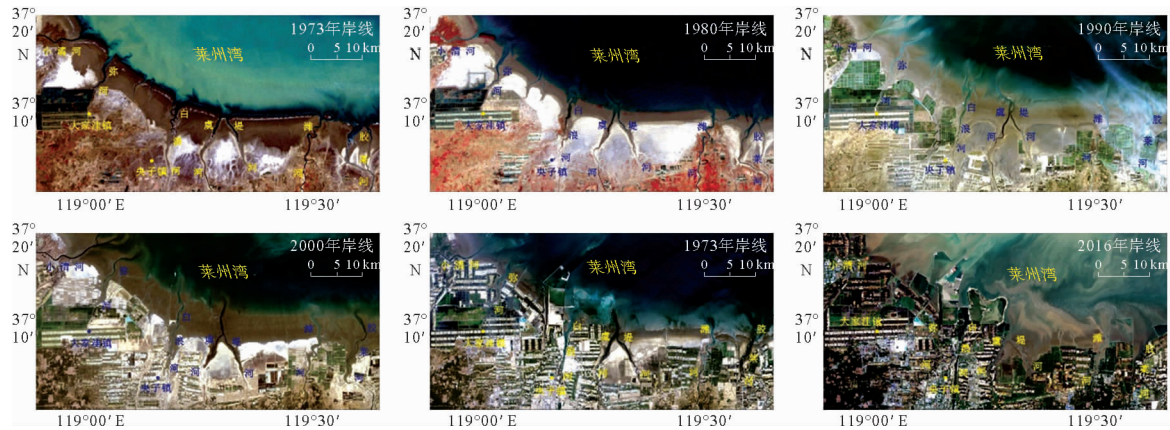


图 2 莱州湾南部 1973、1980、1990、2000、2010 和 2016 年陆地资源卫星影像
Fig. 2 Landsat satellite images of the year 1973、1980、1990、2000、2010 and 2016of southern Laizhou Bay

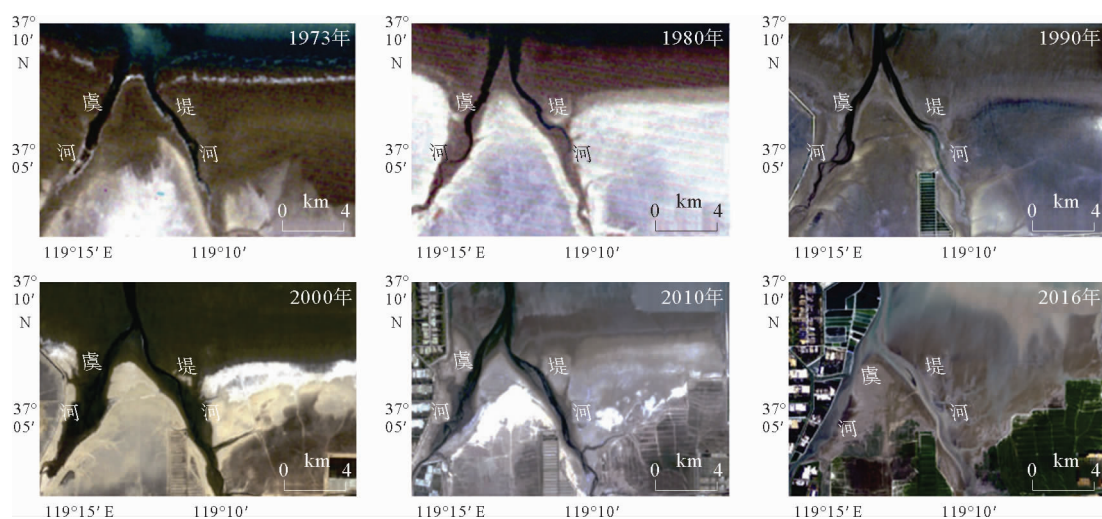


图3 虞河—堤河入海口 1973—2016 年 6 期卫星影像

Fig. 3 Six stages of satellite images of Yu River and Di River estuaries during 1973—2016

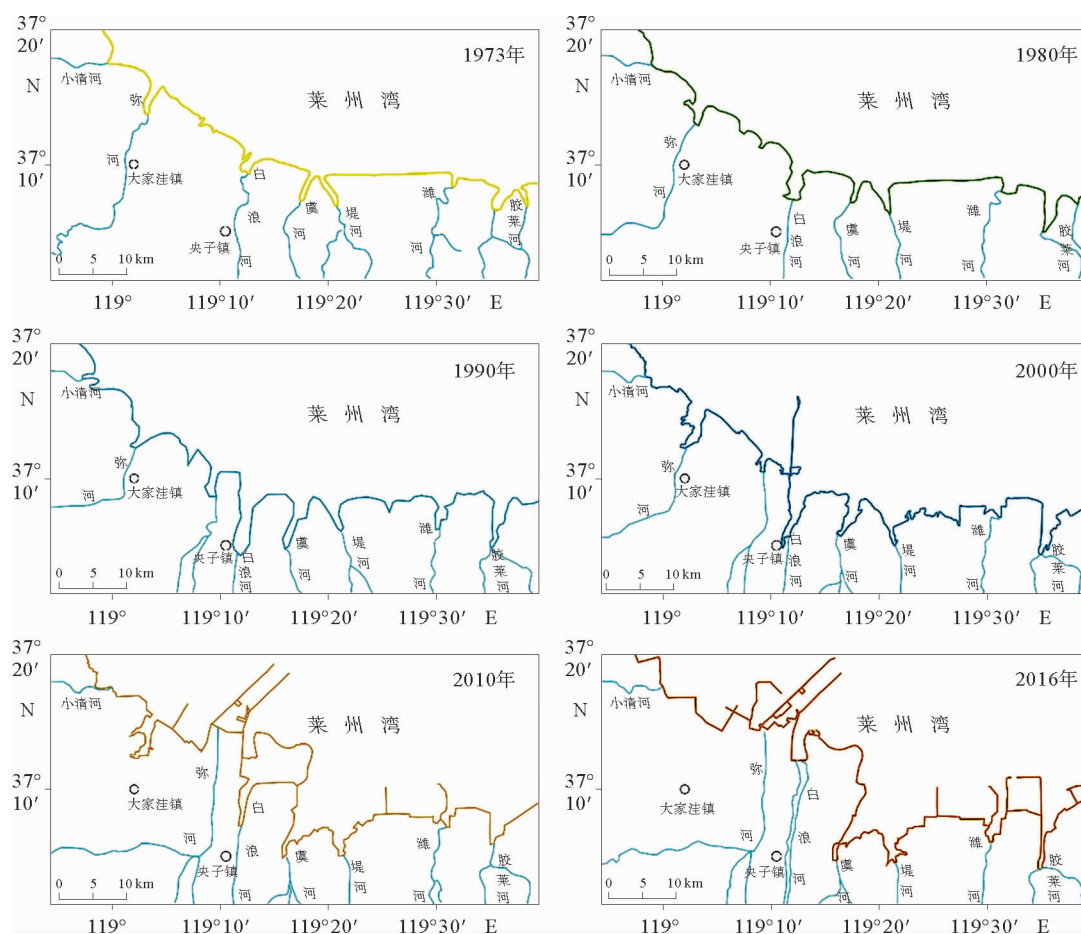


图4 莱州湾南部 1973—2016 年 6 期海岸线

Fig. 4 Six coastlines of southern Laizhou Bay during 1973—2016

表 2 1973—2016 年莱州湾南部各岸段冲淤状态

Table 2 Siltation and erosion pattern of the south coast of the Laizhou Bay during 1973—2016

岸段	平均岸线长度 /km	1973—1980 年 /(m/a)(km ²)	1980—1990 年 /(m/a)(km ²)	1990—2000 年 /(m/a)(km ²)	2000—2010 年 /(m/a)(km ²)	2010—2016 年 /(m/a)(km ²)
小清河—(老)弥河	11.9	-38/-3.6	-36/-4.3	△/+6.4	+8/+0.95	△/+5.3
(老)弥河—白浪河	23.2	-43/-8.0	-40/-9.3	△/+38	△/+28.8	△/+14.6
白浪河—虞河	11.2	-33/-3.0	-35/-3.9	-10/-1.1	△/+61.8	△/+9.9
虞河—堤河	9.4	-6/-0.45	-3/-0.3	-5/-0.5	-53/-5.0	-8/-0.75
堤河—潍河	31.9	-18/-4.6	-3/-0.96	-48/-15.3	△/+7.4	△/+0
潍河—胶莱河	12.5	-3/-0.3	-2/-0.25	-13/-1.6	△/+4.6	△/+20

注:冲淤速率为该岸段的加权平均值;+为淤积;-为侵蚀;△为人工岸线

3 结果与讨论

3.1 莱州湾南部 40 年来的海岸线演化

1973—2016 年间,莱州湾南部海岸线变化(图 5)受自然因素和人类活动的共同影响,具有明显的阶段性,其中人类活动起着愈来愈重要的作用。

1973 年至 1990 年间,莱州湾南部人类活动影响较弱^[26],海岸主要为河口三角洲平原构成的天然海岸,岸线较为平直。1973—1980 年间,虞河和堤河西部岸段侵蚀较快,平均侵蚀速率约 33~43 m/a,弥河和白浪河河口发生明显的溯源侵蚀;而东部岸段侵蚀幅度较小,平均侵蚀速率约 3~18 m/a,其中虞河和堤河河口侵蚀较快,潍河和胶莱河河口发生小幅度溯源侵蚀(图 2、3)。1980—1990 年间,西部岸段侵蚀速率略有减小,平均侵蚀速率约 35~40 m/a。弥河、白浪河、虞河和胶莱河河口均出现明显的溯源侵蚀,其中白浪河河口侵蚀幅度最大,其次为虞河和堤河,而弥河和小清河侵蚀作用不明显(图 3、4);东部岸段侵蚀作用基本停止,平均侵蚀速率约 2~3 m/a,虞河和胶莱河之间部分岸段出现侵蚀,潍河和胶莱河之间部分岸段出现小幅度淤积。

1990 年至 2000 年间,莱州湾南部地区进行了第 1 次大规模盐田建设,建设范围集中于弥河—白浪河、潍河—胶莱河河口之间以及潍河西侧的三角洲平原(图 2、3)。白浪河西部建设了一条深入莱州湾的防潮闸。在防潮闸西侧,海岸由侵蚀状态转变为淤积状态,而防潮闸的东侧,海岸的侵蚀作用由轻微侵蚀转为剧烈侵蚀,侵蚀速率

约 5~48 m/a。虞河、堤河和白浪河河口及河道遭受剧烈侵蚀,河口加宽,口门后退,其中离防波堤近的白浪河侵蚀最为严重,虞河、堤河次之。

2000 年之后,莱州湾南部的自然岸段基本消失,仅在虞河、堤河和潍河之间略有分布(图 2)。近年来,莱州湾南部海岸带生产建设规模的不断扩大,自然环境受到严重破坏,海岸带景观格局日趋破碎化。2000 年到 2016 年间虞河入海口以西、潍河入海口两侧已无天然海岸,全部建设为防潮堤。弥河西入海口、潍河—胶莱河入海口两侧均为盐田。虞河—堤河为天然海岸,遭受严重侵蚀,河口加宽,口门后退(图 3、4)。目前,自然岸段岸滩处于侵蚀状态,而人工岸线内部则处于缓慢淤积状态。

总的来说,莱州湾南部逐渐由天然海岸转变为人工海岸,海岸工程大规模建设地区海岸线向海推进,否则向陆退缩;自然景观的变化主要体现在自然湿地的退化,由自然盐沼湿地转变为人工湿地。

3.2 海岸侵蚀和淤积的机理探讨

人类活动和自然作用是影响海岸线演化的两个重要机制。自然因素包括外部因素(沉积物来源和潮流、波浪等海洋动力环境)和内部因素(沉积物特征、海岸剖面形态、外海开敞程度和岸线走向等)^[27]。人类活动中海岸工程建设、沿岸挖沙等是造成海岸侵蚀的直接因素,入海河流上游水库修建导致的泥沙减少是引起海岸侵蚀的间接因素^[28]。20 世纪 50 年代以前,海岸线演化主要受自然作用的控制。20 世纪 50 年代以来,尤其是 80 年代之后,随着社会经济的发展,人类活动影响逐渐加强。

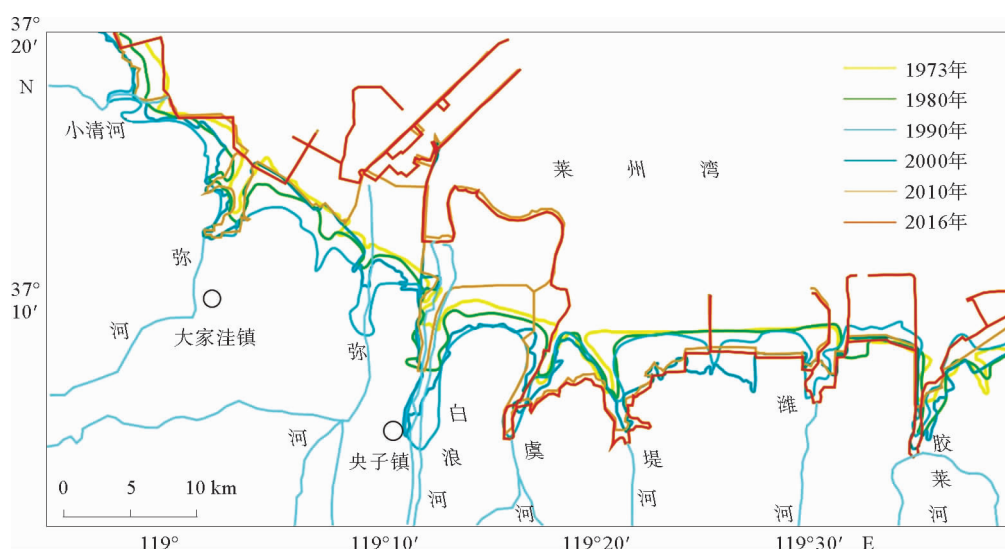


图 5 莱州湾南岸 1973—2016 年海岸线综合对比图

Fig. 5 Coastline changes of southern Laizhou Bay during 1973—2016

3.2.1 自然因素

莱州湾南部河流输入的沉积物会在海洋动力的作用下再悬浮、搬运和沉积,并向冲淤平衡的状态演化,从而构成莱州湾南部的现代沉积体系。潮流是莱州湾主要的海洋动力因素,对莱州湾沉积环境、沉积格局和海岸演化产生了深刻影响^[23,29,30]。海岸地貌特征则会影响河流和海洋之间的相互作用,进而影响河口海岸带的冲淤平衡。

莱州湾是一个内凹型海湾,湾口小,湾内大,渤海潮流系统受口门的约束作用,潮流主轴方向垂直于湾顶,与岸线大致垂直^[20],对莱州湾南岸尤其是正对湾口的河流造成直接影响。1976 年,黄河河道由北部神仙沟—刁口一带改道清水沟附近入海^[31],为莱州湾东部输入大量沉积物,岸线向海淤进,形成巨大沙嘴,湾口宽度减少了近 20 km^[32],进一步影响了该地区的环流系统和沉积物分布特征^[23]。白浪河、虞河—堤河入海口西侧的开敞方向为 NNE,东侧为 NNW,岸外为莱州湾,来自外海的外动力作用(潮汐、波浪和沿岸流)直接影响本地的海岸,侵蚀河口海岸沉积物,导致河口海岸带地区普遍出现明显的溯源侵蚀(图 3)。1980—1990 年间,弥河、白浪河和虞河河口受到入湾潮流的侵蚀作用,明显向内陆延伸(图 3、4)。可能由于黄河河口湾环流和沿岸流的约束作用以及鲁北沿岸流的影响,黄河沉积物对莱州湾南岸的侵蚀-淤积作用没有明显直接影响^[23,24]。

渤海沿岸流中的鲁北沿岸流常年自黄河口经莱州湾南部向东流动^[20],西部沿岸侵蚀的物质会被搬运至东部,导致西部沿岸侵蚀作用强烈而东部侵蚀作用弱。因此,虽然潍河入海沉积物损失最大,但潍河河口侵蚀幅度却小于虞河和堤河。

研究区西部地区以黄河口环流输入的细颗粒沉积物为主,东部地区以潍河等粗颗粒山地小河流沉积物为主。入海河流输沙量的减少是造成研究区海岸侵蚀的主要作用因素。20 世纪 70 年代以前,由于河流上游山区的经济建设导致植被破坏,森林覆盖率大大减少,河流上游地区水土流失、土壤侵蚀严重,向海输入丰富的沉积物,河口海岸带地区发生普遍淤积^[26]。20 世纪 70 年代之后,潍坊市河流建设了大规模的上游水库和入海河闸,导致河流入海泥沙显著减少(表 1)。同时,山东省的气候趋于干旱,降水量减少,导致河流径流量减少,河流输沙能力降低,进一步导致河口来沙量的不足。入海泥沙的普遍减少导致沉积物输入与输出的不平衡,海岸带尤其是河口地区遭受侵蚀。虽然莱州湾南部入海河流泥沙普遍减少(表 1),但海岸带及河口的侵蚀沉积物,会通过鲁北沿岸流向莱州湾东侧的搬运^[20,21],搬运的部分沉积物沿途沉积,导致莱州湾南部海岸西侧侵蚀作用强烈而东侧侵蚀作用较小。

根据 Bruun 法则^[33],海平面的上升或者下降会导致海滩均衡剖面向陆或向海平移,从而导致

海岸的侵蚀或者淤积。随着全球气候变暖,海平面上升已经成为各国学者的普遍共识。海平面上升将加剧海岸侵蚀、风暴潮和海水入侵等灾害,而风暴潮也是导致海岸侵蚀的重要因素之一。《2016 年中国海平面公报》的结果表明:1980—2016 年中国沿海海平面上升的速率高于全球平均水平,并预计渤海海平面在未来 30 年将上升 60~150 mm(图 6)^[34],海平面上升会淹没海岸,扩大海岸侵蚀范围,增大侵蚀强度。海水变暖以及海平面上升还会增加风暴潮爆发的频率^[34]。风暴潮巨大的能量能在短时间内破坏原始海岸均衡,重新塑造岸坡形态,强力冲刷并使滩面破碎化,降低其抵抗侵蚀的强度。莱州湾南部由于其特殊的地理环境和地貌特征,易发生海水入侵和风暴潮灾害。潍坊北部平原地形平坦,坡降在 1/10 000~3/10 000 之间,处于构造下沉区域^[24],海平面每上升 1 mm,可导致 0.03~0.1 km 的海水入侵。海平面上升对海岸侵蚀的影响虽然小(10%~30%不等^[13,28]),但受全球海平面上升趋势所控制,具有累积性和持续性,是造成海岸侵蚀的根本原因。海平面上升给莱州湾南部地区的海岸防护和侵蚀海岸的修复工作将造成持续缓慢的压力。

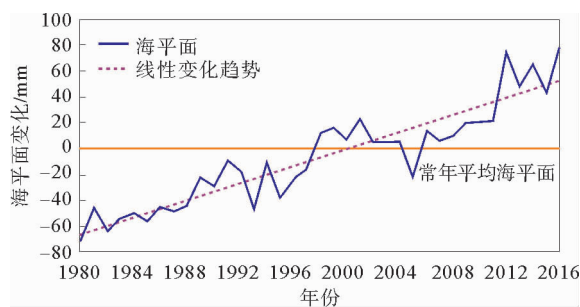


图 6 1980—2016 年中国沿海海平面变化(引自文献[34])

Fig. 6 Sea level variation of coastal area of China during 1980—2016 (from reference [34])

3.2.2 人类活动

人类活动对莱州湾南部海岸演化起着越来越重要的作用。莱州湾南部地区的经济开发和基础设施建设会改变海岸线的形态和地貌特征,并影响海岸带的潮波、波浪和沿岸流作用,增强或减弱海洋水动力条件,从而改变该地区的冲淤平衡。潮波受到海岸工程阻挡的岸段,海岸侵蚀作用停

止,发生沉积物的淤积;潮波受到海岸工程反射的岸段,则会加剧海岸的侵蚀作用。

1973—1990 年间,莱州湾南部各海岸段都表现出不同程度的侵蚀,以白浪河为界,西部岸段侵蚀强烈,而东部岸段侵蚀较弱。2000—2016 年弥河东入海口和白浪河入海口完成人工改造设立防潮闸,两侧为潍坊港至龙威港港区,岸线固定。在防潮闸西侧,受港区防波堤建设影响,沉积物无法向东输运,导致小清河—弥河、弥河—白浪河河口间沉积物的淤积(图 2);在防潮闸东侧,防波堤阻碍了莱州湾潮波的向西传播,并向东反射,虞河入海口至堤河入海口两侧水动力条件增强,高潮线沿河口向内陆推进。该段为潍坊市仅存的天然海岸,无防波堤建设,遭受严重侵蚀。白浪河、虞河和堤河河口口门及河道严重侵蚀后退,其中离防波堤最近的白浪河侵蚀最为严重,虞河和潍河之间岸段侵蚀力度也有所加大(图 4)。

河流上游水库建设导致入海泥沙的大量减少是莱州湾南部海岸遭受普遍侵蚀间接因素。1950—1980 年间,潍坊市主要河流的输沙量资料表明,随着水库的修建,各河流的输沙量大大减少,其中潍河输沙量损失最大,总量高达 395.22 万 t(表 1)。历史时期黄河向渤海输入了巨量的泥沙,但随着黄河流域水利工程的建设 and 上游植被的恢复,黄河下游水沙量减少明显。利津站的水沙统计资料表明,从 20 世纪 50、60 年代到 21 世纪初期,黄河径流量和输沙量由 $50.0 \times 10^9 \text{ m}^3$ 和 $10.0 \times 10^8 \text{ t}$ 以上分别降低到 $13.3 \times 10^9 \text{ m}^3$ 和 $0.56 \times 10^8 \text{ t}$ ^[35,36]。

3.3 海岸带防护措施研究

海岸带的侵蚀或者淤积都会对生活在该地区的人类造成困扰。随着海平面上升,海岸带地区正面临持续的海岸侵蚀作用的威胁。目前,海岸带防护是沿海地区工作的重点,需遵循客观的自然规律,开展详细的野外调查和观测工作,采取综合防治的手段,兼顾环境效益和经济效益,并完善立法,加强管理水平^[37]。

3.3.1 加强现场观测和基础研究工作

近年来,随着莱州湾南部入海河流上游环境保护、水土保持工作的开展和流域降水量的减少,河流输沙量进一步降低。莱州湾南部的海岸侵蚀

作用逐渐加强,海岸带基础设施的防护任务日益加重。由于海岸侵蚀—淤积作用的复杂性,任何其他区域的海岸侵蚀—淤积模式都无法完全适用于本地区的防护工作。因此,加强莱州湾南部海岸带侵蚀—淤积的现场观测和基础研究工作,对了解海岸演化趋势、泥沙搬运沉积机制,建立海岸线演化预测模型,开展海岸带侵蚀—淤积防护工作均具有重要意义。

在莱州湾南部现有研究的基础上,选取典型位置(河口附近)建立观测站进行长期持续的观测,主要内容包括地区海平面变化、沉积物搬运沉积模式以及潮波、波浪和沿岸流演化。根据获取的观测数据和历史资料,结合全球气候和海平面变化背景,建立海岸演化模型,提高海岸演化预测水平,为海岸带工程减少和基础设施防护工作提供理论支持。

3.3.2 遵循规律,综合治理

根据 Bruun 法则,海滩总是趋向于达到平衡状态^[33]。海平面上升、降水量减少以及风暴潮这些基本不受人类控制的自然因素作用,均会改变海滩的平衡剖面。海滩的平衡剖面受到多种因素的控制,包括沉积体系、水文条件和地质环境等。海岸防护工作需根据实际情况,设计最合适本地区的海岸防护工程类型。在合理的地点建设防波堤、防波墙、海堤和丁坝等工程、填沙或者构筑防护林,都可以起到事半功倍的效果。泰国南部海岸红树林的存在就能够很好的抑制海岸带的侵蚀作用^[38]。生物防护一方面可以最大可能的降低海岸工程对环境的破坏,另一方面还可以降低防护成本,提高经济效益。

对于风暴潮这种突发式的海洋灾害,我们必须提高海岸带防护工程的建设标准,尽最大可能减少灾害发生时受到的损失。目前的海岸防护工程还无法满足抵御风险的需求,亟需加强工程技术开发,提高海岸防护工程的设计水平、优化工程结构的材料,加强抵抗突发式海岸侵蚀作用的能力,满足迅速发展的社会经济对海岸带地区安全和稳定的需求。

河流输沙减少是导致海岸带侵蚀的重要因素,合理的提高河流输沙量可以缓解海岸侵蚀作用。河流上游地区需定时开展水库的排水排沙工作,一方面减少上游淤积,保持水库保水量和河道

通畅,另一方面缓解海岸侵蚀压力。

3.3.3 完善海岸立法,提高管理水平

海岸带地区的开发必须充分考虑到当地经济发展水平和环境承受能力,制定合理的发展规划,严格禁止非法开发海滩、海岸采砂、海岸工程建设等破坏环境的行为。

4 结论

(1)受沿海地区经济发展和海岸带工程建设的影响,莱州湾南部 40 多年来海岸演化呈现阶段性特征。1973—1990 年间,自然因素在莱州湾南部海岸演化中起着主导作用,表现为河口三角洲平原的自然冲淤,岸线平直;2000 年以后人类活动的影响起主导作用,海岸逐渐变为人工岸线,海岸整体向海推进,局部向陆退缩。

(2)海平面上升、入海河流泥沙减少是造成莱州湾南部海岸侵蚀的主要原因,海岸带工程建设改变了海岸线形态和地貌特征,导致莱州湾南部海岸展现出冲淤交替的格局。海平面上升给的海岸防护和侵蚀海岸的修复工作造成持续缓慢的压力。

(3)海岸演化是非常复杂的过程,受多种因素的控制和影响,难以套用现成模式预测海岸演化。海岸带地区的综合防护治理必须以长期的现场观测工作为基础,制定合理的规划,建立健全组织机构,加强管理工作,提高执法水平。

参考文献:

- [1] Komar P D. 2000. Coastal erosion-underlying factors and human impacts[J]. *Shore and Beach*, 2000, 68 (1), 3-16.
- [2] Bryant E. Regional sea level, Southern Oscillation and beach change, New South Wales, Australia[J]. *Nature*, 1983, 305(5931):213-216.
- [3] Dolan R, Fenster M S, Holme S. Spatial analysis of shoreline recession and accretion[J]. *Journal of Coastal Research*, 1992, 8(2): 263-285.
- [4] 夏东兴,王文海,武桂秋. 中国海岸侵蚀述要[J]. *地理学报*, 1993, 48(5):468-473.
- [5] 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.
- [6] 印 萍,林良俊,陈 斌,等. 中国海岸带地质资源与环境评价研究[J]. *中国地质*, 2017, 44(5): 842-856.

- [7] 薛春汀. 中国海岸侵蚀治理和海岸保护[J]. 海洋地质前沿, 2002, 18(2):6-9.
- [8] 季子修, 蒋自巽, 朱季文, 等. 海平面上升对长江三角洲和苏北滨海平原海岸侵蚀的可能影响[J]. 地理学报, 1993, 4(6):516-526.
- [9] 印 萍. 沙子口湾海岸侵蚀原因及防治对策研究[J]. 海洋科学进展, 1998, 16(1):7-14.
- [10] Barrie J V, Conway K W. Rapid sea-level change and coastal evolution on the Pacific margin of Canada[J]. *Sedimentary Geology*, 2002, 150(1):171-183.
- [11] 王文海, 吴桑云. 山东省海岸侵蚀灾害研究[J]. 自然灾害学报, 1993, 2(4):60-66.
- [12] 庄振业, 鞠连军, 冯秀丽, 等. 山东莱州三山岛一刁龙嘴地区沙坝泻湖沉积和演化[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1994, 14(4):43-52.
- [13] 丰爱平, 夏东兴, 谷东起, 等. 莱州湾南岸海岸侵蚀过程与原因研究[J]. 海洋科学进展, 2006, 24(1):83-90.
- [14] 李蒙蒙, 王 庆, 张安定, 等. 最近50年来莱州湾西-南部淤泥质海岸地貌演变研究[J]. 海洋通报, 2013, 32(2):141-151.
- [15] 李雪艳, 王 庆, 王红艳, 等. 莱州湾东部潮上带土地利用对海岸侵蚀的影响[J]. 海洋与湖沼, 2015, 46(6):1347-1357.
- [16] 战 超, 于君宝, 王 庆, 等. 近60年莱州湾东部砂质海岸地貌的时空动态[J]. 海洋学报, 2017, 39(9):90-100.
- [17] 季子修, 施雅风. 海平面上升、海岸带灾害与海岸防护问题[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(2):56-64.
- [18] 吴桑云, 王文海. 山东省9216号强热带气旋风暴期间的海岸侵蚀灾害[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1994, 14(4):71-78.
- [19] 王 庆, 夏东兴. 山东半岛北岸与南岸现代岸线差异及其影响因素[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19(1):109-115.
- [20] 赵保仁, 方国洪, 曹德明. 渤、黄、东海潮汐潮流的数值模拟[J]. 海洋学报, 1994, 16(5):1-10.
- [21] 成国栋. 黄河三角洲现代沉积作用及模式[M]. 北京:地质出版社, 1991:15-40.
- [22] 薛春汀, 丁 东. 渤海莱州湾南岸潍河-弥河三角洲:沉积序列和沉积格架[J]. 地理科学, 2008, 28(5):672-676.
- [23] 秦亚超, 李日辉. 表层沉积物粒度所指示的渤海现代沉积体系[J]. 第四纪研究, 2017, 37(3):654-666.
- [24] 杨 鸣. 莱州湾南岸海岸带环境退化及治理对策研究[D]. 青岛:中国海洋大学, 2005.
- [25] 李晓炜, 侯西勇, 邸向红, 等. 从生态系统服务角度探究土地利用变化引起的生态失衡——以莱州湾海岸带为例[J]. 地理科学, 2016, 36(8):1197-1204.
- [26] 王 庆. 全新世以来山东半岛东北部海面变化的河流地貌响应[J]. 地理科学, 1999, 19(3):225-236.
- [27] 高 抒. 废黄河口海岸侵蚀与对策[J]. 海岸工程, 1989, 8(1):37-42.
- [28] 庄振业, 印 萍, 吴建政, 等. 鲁南沙质海岸的侵蚀量及其影响因素[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20(3):15-21.
- [29] Liu Z X, Xia D X, Bernes S, et al. Tidal deposition systems of China's continental shelf, with special reference to the eastern Bohai Sea[J]. *Marine Geology*, 1998, 145(3):225-253.
- [30] 朱玉荣. 潮流场对渤、黄、东海陆架底质分布的控制作用[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(2):7-13.
- [31] 成国栋, 薛春汀. 黄河三角洲沉积地质学[M]. 北京:地质出版社, 1997.
- [32] 张永强, 迟万清, 胡泽建, 等. 黄河清水沟流路大嘴的形成对莱州湾潮流场影响的数值研究[J]. 海洋科学进展, 2010, 28(2):149-157.
- [33] Bruun P. Sea-level as a cause of shore erosion[J]. *Journal of Water-ways and Harbours Division. Proceedings of the American Society of Civil Engineers*. 1962, 88(1):117-130.
- [34] 中国海平面公报. 中国海洋信息网. <http://www.coi.gov.cn/hygb/>.
- [35] 韩景瑞, 王世溪. 黄河三角洲海岸线蚀退原因及对策[J]. 石油工程建设, 2002, 28(4):13-15.
- [36] 黄河水资源公报. 中国水利国际合作与科技网. <http://www.cws.net.cn/cwsnet/gazette/huanghe/2001/index.html>.
- [37] 盛静芬, 朱大奎. 海岸侵蚀和海岸线管理的初步研究[J]. 海洋通报, 2002, 21(4):50-57.
- [38] Thampanya U, Vermaat J E, Sinsakul S, et al. Coastal erosion and mangrove progradation of Southern Thailand[J]. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 2006, 68(1):75-85.

COASTAL EVOLUTION OF SOUTHERN COAST OF LAIZHOU BAY DURING 1973-2016 AND MAINTANENCE COUNTERMEASURES

WANG Jian^{1,2}, ZHANG Junqiang^{3*}, GUO Zhiqian¹, LI Yameng³, GUO Ying³

(1 No. 4 Institute of Geological and Mineral Survey, Shandong Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources, Weifang 261021, Shandong, China; 2 Key Laboratory of Coastal Zone Geological Environment Protection, Shandong Geology and Mineral Exploration and Development Bureau, Weifang 261021, Shandong, China;

3 Institute of Geology and Paleontology, Linyi University, Linyi 276000, Shandong, China)

Abstract: Coastal erosion is getting intensified due to global climate warming and sea-level rising. It brings great challenges to coastal communities for coastal construction, economic development and environmental protection. Research on coastline evolution will provide a theoretical support to the sustainable development of coastal cities, such as Weifang, and to the development strategy of *Shandong on the Sea*. In this article, six coastlines in the years of 1973, 1980, 1990, 2000, 2010 and 2016 respectively are picked up to detect the evolution of coastal landscape of southern Laizhou Bay from landsat satellite images. The research results indicate the coastline evolution in southern coast of Laizhou Bay is in a periodic pattern in the past forty years, as a responding to the construction and economic development of the coastal region. The coast has changed from the natural to the artificial coast in general. The coastlines protected by large-scale coastal constructions, will move gradually to the sea. For the other part where natural coasts dominate, however, coastal lines will retreat towards the land. The coastline evolution of southern Laizhou Bay is mainly influenced by three major factors: the global sea level rise, the decrease in water and sediment discharge and human activities. The natural factors dominated the coastal evolution during 1973-1990, while the human activities predominated after 2000. Sea level rise will give rise to a slow but sustain pressure to the coastal protection and reconstruction of erosion coast in southern Laizhou Bay. Therefore, long-term observation is suggested to monitor the coastline evolution for prevention of coastal erosion in the region. Legislation and management should be enforced.

Key words: coastal erosion; coastal protection; coastline evolution; Laizhou Bay