# 1979—2013 年黄河三角洲岸线变迁的

# 时空异质性研究<sup>\*</sup>

王苗苗<sup>1,2,3</sup>,卢晓宁<sup>1,2\*</sup>,孙志高<sup>3</sup>,洪 佳<sup>1,2</sup>

(1. 成都信息工程学院,四川 成都 610225;2. 高原大气与环境四川省重点实验室,四川 成都 610225;
3. 中国科学院烟台海岸带研究所,山东 烟台 264003)

摘 要:基于 RS和 GIS,通过分区分析了 1979—2013 年黄河三角洲不同流路岸线变迁及冲淤变化的时 空异质性及其驱动因素。发现 1979—1986 年间,由于黄河入海泥沙量高且处于改道清水沟初期,清水 沟(\IC)和清 8 汊流路(VC)向海延伸显著,此后入海泥沙量减少其变化明显减缓;1995 年以后,黄河 改道清 8 汊且 2002 年以来调水调沙增加了黄河的输沙能力,三角洲岸线变迁的幅度较 2000 年前增强; 刁口河附近区域(I、IIC),因黄河改道清水沟和清 8 汊流路,入海水沙补给显著减少,总体上处于蚀退 状态;神仙沟流路区域(IIIC),1986 年以后除入海口处有变化外,其它区域因修建堤坝成为人工岸线而 少有变化;莱州湾西侧区域(\IC),淤进和蚀退量很小,总体向海推进。可见,岸线变迁主要受入海泥沙 量的影响,改道致使不同时期三角洲岸线变迁出现空间异质性。 关键词:黄河三角洲;海岸线;冲淤面积;刁口河;清水沟;清 8 汊

中图分类号: P736 文献标志码: A 文章编号: 1003-6482(2015)03-185-08

DOI:10.13984/j.cnki.cn37-1141.2015.03.023

## 引言

海岸带的海陆相互作用(Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone,LOICZ)是国际地圈一生物圈 计划(International Geosphere-Biosphere Program,IGBP)的 8 个核心研究计划之一<sup>[1]</sup>,作为海岸带重要 而特殊的部分,河口三角洲位于河流与海洋的交界,受河流水沙和海洋水动力的双重作用,对海陆相互作 用的响应更为显著,其直观的表现就是岸线的变迁及其作用下的海陆面积变化。黄河三角洲海陆作用比 较活跃,特别是黄河口地区,在来水来沙和海洋水动力的作用下向内陆蚀退或者向海延伸的速率之大更 是在各三角洲地区中少见<sup>[2]</sup>。因此,加强对黄河三角洲岸线变迁的研究显得尤为重要。目前,针对黄河 三角洲岸线变迁已有较多研究,主要集中在岸线变迁<sup>[3-6]</sup>和三角洲冲淤面积的变化<sup>[1,7-10]</sup>上。对黄河三角 洲岸线的变迁虽有分区研究<sup>[2]</sup>,但仅涉及刁口河段、黄河港段和河口段 3 个区段,且未有从黄河不同历史 时期不同流路的角度进行更为细致的时空对比研究。本研究则抓住这一点,根据黄河流路随时间的变 化,将东营市境内的黄河三角洲分为 6 个区域,对比分析 6 个区域在自 1976 年黄河改道清水沟流路以来 的 1979—2013 年间的岸线变迁及这一变迁下的三角洲冲淤面积的时空变化,在揭示黄河三角洲岸线变 迁的空间异质性基础之上,探讨导致这一异质性的驱动因素。通过本研究不仅能为黄河三角洲岸线变迁 提供更为详细、现势的资料,也可更全面和科学地揭示黄河三角洲海陆相互作用的异质性及规律。

### 1 研究区域概况

黄河三角洲北靠渤海湾,东临莱州湾,地处 117°31′E~119°18′E 和 36°55′N~38°16′N 之间,主要位

<sup>\*</sup> 基金项目:中国科学院"一三五"规划生态突破项目(Y254021031);中国科学院重点部署项目(KZZD-EW-14);四川省科技计划应用 基础研究(2014JY0084);高原大气与环境四川省重点实验室开放课题(PAEKL-2014-Y1);国家自然科学基金 (41401103,41171424,41371104);中国科学院人才专项(Y129091041)资助

第一作者简介:王苗苗(1988-),女,硕士研究生,主要研究方向为环境 3S,E-mail: 307205590@qq.com

<sup>\*</sup>通讯作者:E-mail: lxn@cuit.edu.cn

收稿日期:2014-11-13

于山东省东营市和滨州市境内,是古代、近代和现代黄河三角洲组成的联合体<sup>[11]</sup>。现代黄河三角洲是 1934 年以来至今仍在继续形成的以渔洼为顶点的扇面,西起挑河,南到宋春荣沟,陆上面积约为 3 000 km<sup>2</sup>。本文关注的是位于东营市境内的黄河三角洲(见图 1),气候上属温带大陆性季风气候,年平 均气温 11.7~12.6℃,年平均日照时数为 2590~2830h,年平均降水量为 551.6mm,平均蒸散量为 750~ 2400mm。区域地貌以河滩高地、坡地、大型洼地为主,黄河尾闾摆动形成的陆地带地势宽阔低洼,面积逐 年扩大,生态型独特,黄河三角洲是河流和海洋共同作用的堆积体,沉积相当复杂。



图1 研究区位置示意图

Fig. 1 Location of the study region

#### 2 数据获取与处理

#### 2.1 数据获取与预处理

1976—1996 年间,清水沟流路时期,采用的数据源包括 1979 年的 MSS 遥感影像,1986、1992、1995 年的 TM 影像;1996~2013 年间,清 8 汊流路时期,采用的数据源包括 2000、2005、2010 年的 TM 影像, 以及 2013 年的 TIRS 遥感影像,共 8 期。在 GIS 平台下对所获取的遥感影像进行空间坐标系的统一。

2.2 岸线的提取及分区处理

(1)岸线的提取

海岸线作为海岸带最重要的空间要素之一,标识了海洋与陆地的分界线<sup>[12]</sup>,其位置随潮汐、波浪、风 引起的水位变化而不断变化,海水所能达到的最高上限称之为高潮线,最低下限称之为低潮线,还有实时 水边线,都可以作为海岸线<sup>[13]</sup>。本研究所提取的海岸线是影像提取时刻的水边线(经实地勘察,2013 年 海岸线的精度达 85%以上,其它年份海岸线依据相同标准做同样处理),通过 GIS 平台支持下的人工目 视解译实现。

(2)岸线的分区

受黄河改道的影响,同一空间位置在黄河改道的不同时段受到的河流作用与海洋水动力条件不同, 导致黄河三角洲岸线的演变呈现出空间异质性。为能更详尽的认识黄河三角洲岸线演变的空间异质性 及这种异质性与黄河改道的关系,将岸线依据三角洲各叶瓣形成的不同时期<sup>114</sup>进行分区。虽然清 8 汊 流路和清水沟流路属于同一叶瓣,因其行水 期不同,海陆作用不尽相同,所以该叶瓣又 被划分为2个区域。整个东营市境内的黄 河三角洲岸段被划分为6(I-VI)个区域:刁 口河西侧区域(I区)、刁口河流路区域(II 区)、神仙沟流路区域(II区)、清8汊流路区 域(IV区)、清水沟流路区域(V区)和莱州湾 西侧区域(VI区)(见图2)。在GIS支持下, 实现黄河三角洲岸线的分区,并对不同分区 的三角洲岸线依照时间的发展计算岸线长 度变化的平均速率及其对应的三角洲冲淤 面积变化数据。



#### 3 结果与分析

3.1 1976—1996 年间岸线及三角洲面积 变化

图 2 1979—2013 年寅河二用깨海厍线的方区 Fig. 2 Coastline subzone of the Yellow River Delta from 1979 to 2013

1976年,黄河自刁口河流路改道清水

沟流路。1976—1996 年清水沟流路行水期间,黄河三角洲在 1979—1995 年间总体呈现向内陆蚀退的变化,陆地面积年均减少1.49km<sup>2</sup>,岸线长度增加的年均速率为1.56km/a。

1979—1986年间是黄河改道清水沟初期,黄河三角洲岸线变迁最显著(见图 3-a),且各区域之间差 异显著。该时期内,最大的造陆面积体现在清水沟流路区域(V区),该区造陆面积达 138.07km<sup>2</sup>,年均增 长达 19.72km<sup>2</sup>,且岸线长度亦呈最快的增长变化,达到所有研究时期内所有区域中的最高值,年均增长 速率为 3.64km/a,使得 V 区岸线在该时段呈明显向海延伸的变化,很好地体现出黄河改道清水沟流路的 作用。靠近 V 区的清 8 汊流路区域(IV 区)亦呈现出相近的岸线变迁特征,造陆面积达 128.03km<sup>2</sup>,仅比 V 区少了 7.3%,是整个研究区域所有研究时期中造陆面积的第二高值;虽然该区岸线长度亦呈增长变 化,但年均增长速率只有 0.25km/a,仅为同期清水沟流路岸线长度增长速率的 6.9%,这说明该时期清 水沟流路区域的向海扩张具有一定的各向同性,其向海推进的程度不及 V 区。该时期蚀退面积最大的 区域是刁口河流路区域(]]区),也是整个研究时期岸线呈蚀退变化最大的区域,向内陆蚀退的面积达 103.78km<sup>2</sup>;黄河改道清水沟导致该区域陆地面积被海洋侵蚀减少的同时,岸线的长度亦呈减少变化,年 均减少 0.96km,居于同期所有区域岸线长度变化速率中的第二位。与刁口河流路相邻近的神仙沟流路 区域(Ⅲ区)和刁口河西侧区域(Ⅰ区)在该时期岸线变迁亦都呈向内陆蚀退的变化,表现为两区域同期的 陆地面积分别减少 82.2km<sup>2</sup>和 64.96km<sup>2</sup>,但两区域的岸线长度却都呈与刁口河流路区域相反的增长变 化,增长幅度都不大,前者年均增长 0.74km,而后者只有 0.08km。莱州湾西侧区域(M区)在该时期岸线 变迁不明显,不仅未发生明显的海陆面积的增减变化,岸线长度增长的速率也很低,年均只有 0.39km,体 现出这一时段该区域岸线的相对稳定性。

进入 1986—1992 年间,黄河三角州岸线变迁强度明显减弱,不仅冲淤面积变化波动小,总造陆面积 只有 13.91km<sup>2</sup>,仅及前期的 5.2%;总蚀退面积只有 48.75km<sup>2</sup>,仅及前期的 19.4%;岸线长度的变化亦 很小,总岸线长度平均变化速率只有 0.10km/a(见图 3-b),所有特征都处于整个研究时期内的低值区,说 明该时期研究区岸线的相对稳定性。相对于上一时期,各流路区域不仅岸线变迁的量明显减少,岸线变 迁的方向也有显著改变。变化最大的是清 8 汊流路区域(IV区),岸线变迁由前期的向海延伸变化转变为 向内陆的蚀退变化,导致该时期该区陆地面积减少 15.14km<sup>2</sup>;虽然岸线长度仍保持上一时期的增长变 化,但速率减缓到前期的 48%。上一时期造陆面积最大的清水沟流路区域(V区),虽然在该时期岸线仍 呈向海的扩张变化,但造陆面积和岸线增长的速率仅及前期的 9.6%和 20.6%,减缓的趋势非常显著。 神仙沟流路区域(Ⅲ区)和莱州湾西侧区域(Ⅵ区),岸线长度由原来的增加变化转变为减少变化,年均分 别减少 0.12km 和 0.36km,与此同时陆地面积分别减少 9.76km<sup>2</sup>、20.67km<sup>2</sup>,岸线变迁呈向内陆蚀退的 变化,且莱州湾西侧区域的陆地面积变化是同期三角洲陆地面积变化的最大值,但这一最大值仅及前期 清水沟流路的 15.0%。刁口河西侧区域(Ⅱ区),岸线变迁由前期的向内陆蚀退转变为向海延伸的变化, 但变化不明显,不仅造陆面积小,仅为 0.66km<sup>2</sup>,且岸线年均增长速率明显减缓,仅及前期的 16.2%,是同 期陆地面积变化及岸线长度增长的最小值。刁口河流路区域(Ⅲ区),岸线变迁与前期一致,即仍呈向内 陆蚀退的变化,但变化强度明显减弱,表现为陆地面积的减少速率仅及前期的 3.1%。

1992—1995 年间,黄河三角洲岸线变迁的强度相对于上一时期整体有所加强,但绝对量仍较低,表现为总造陆面积 79.04km<sup>2</sup>,总蚀退面积为 84.02km<sup>2</sup>(见图 3-c)。最大造陆面积仍体现在清水沟流路区域(V区),陆地面积增加 71.63km<sup>2</sup>,与此同时,岸线长度亦以年均 3.06km 的速度增长,该岸线变化的年均速率已经逼近整个研究时期最快的表现(1979—1986 年间的增长速率,年均递增 3.64km),导致该时期该区域岸线呈明显向海延伸的变化。

莱州湾西侧区域(Ⅵ区),岸线变迁则由前期的向内陆蚀退转变为向海延伸的变化,但造陆面积只有 7.41km<sup>2</sup>,对该时期陆地面积增长的贡献量很小。其它区域(Ⅰ-Ⅳ区)在该时期内岸线变迁都呈向内陆蚀 退的变化,以刁口河流路区域陆地蚀退最明显,但也只有 34.37km<sup>2</sup>,最小的则出现在与其相邻的刁口河 西侧区域,陆地面积减少了 13.52 km<sup>2</sup>。因该时段时长间隔较短,长度只有 3a,在三角洲陆地蚀退绝对量 不大的情况下,陆地蚀退的速率仍呈显著增长,4 个区域平均增长了 17.1 倍,且以刁口河西侧区域的蚀 退速率增长最快,达到前期的 41 倍,刁口河流路区域也达到前期的 21.6 倍,体现了黄河三角洲海陆作用 的活跃性增强。

#### 3.2 1996-2013年间岸线及三角洲面积变化

1996年,黄河自清水沟流路改道清 8 汊流路。1996—2013年清 8 汊流路行水期间,黄河三角洲在 1995—2013年间总体呈现向海延伸的变化,陆地面积年均增加 1.19km<sup>2</sup>,岸线长度增加的年均速率亦为 1.56km/a。

1995—2000年间,受1996年黄河改道清 8 汊流路的影响,黄河三角洲各流路区域都呈现出与上一时期岸线变迁方向相反的特征,且岸线变迁的强度亦比上一时期显著加强(见图 4-a)。清水沟流路区域(V区)和莱州湾西侧区域(V区)由向海延伸变化转为向内陆蚀退的变化,两区域陆地面积减少量分别达到 66.08km<sup>2</sup>和 31.52km<sup>2</sup>,且清水沟流域的岸线长度亦呈整个研究时期以来的首个减少变化,年均减少 1.24km。与此同时,I-IV区则由前期的向内陆蚀退转变为向海延伸的变化。就岸线长度变化的年均速 率看,以清 8 汊流路区域(IV区)的岸线向海延伸最快,年均 2.64km,体现出黄河改道清 8 汊流路的显著 效果。刁口河西侧区域(I区)及刁口河流路区域(II区),在该时期虽然岸线长度呈减少变化,但陆地面 积增长非常显著,两区域陆地面积分别增长了 54.55km<sup>2</sup>和 36.96km<sup>2</sup>。

2000—2005年间,黄河改道清 8 汊流路后期,清 8 汊流路区域(IV区)陆地向海延伸的绝对量和速率 都超过上一时期(见图 4-b),绝对量为 37.45km<sup>2</sup>,速率为 7.49km<sup>2</sup>/a,都达到上一时期的 3.3 倍;但岸线 长度的增长速率相对上一时期有所减缓,年均增长 0.76km,仅为上一时期的 28.8%。莱州湾西侧区域 (VI区)由上一时期向内陆蚀退变化转变为向海延伸的变化,但延伸量很小,仅造陆 9.86km<sup>2</sup>,是该时段内 第二个岸线呈向海延伸变化的区域。其它区域都呈向内陆蚀退的变化。以刁口河西侧区域(I 区)和刁 口河流路区域(II 区)的陆地蚀退变化最为剧烈,两区域陆地面积平均减少 65.12km<sup>2</sup>,岸线长度年均增长 速率平均为 1.76km/a,体现出显著的向内陆蚀退的变化特征。神仙沟流路区域(II 区),岸线变迁虽亦呈 向内陆蚀退变化,但陆地面积仅减少 7.32km<sup>2</sup>,结合上一时期该区域陆地面积微小的增长量,增长 3.47km<sup>2</sup>,体现出该区域在此两时段内的相对稳定性。







图 4 1995—2013 年各分区冲淤面积变化及岸线长度变化 Fig. 4 Changes of erosion/deposition area and coastline length of subzones from 1995 to 2013

2005—2010年间,黄河三角洲区域岸线变迁表现出最强的稳定性,造陆总面积和蚀退总面积都非常 小,分别只有 20.63km<sup>2</sup>和 22.67km<sup>2</sup>(见图 4-c),仅及 1979—1986年研究初期的 7.7%和 9.0%。该时期 清 8 汊流路区域(Ⅳ区)、神仙沟流路区域(Ⅲ区)和莱州湾西侧区域(Ⅵ区)岸线都呈向内陆蚀退的变化, 以清 8 汊流路区域的最突出,但也只有 20.3km<sup>2</sup>,最小的则为莱州湾西侧区域的 0.09km<sup>2</sup>。刁口河流路 区域(Ⅲ区)、刁口河西侧区域(Ⅱ区)和清水沟流路区域(Ⅴ区)岸线在该时期则呈向海延伸的变化,但仅 造成陆地面积分别只增长了 11.42km<sup>2</sup>、6.69km<sup>2</sup>和 2.52km<sup>2</sup>。虽然该时期岸线向海延伸带来的陆地面积 增长量很小,但岸线长度的变化量却与上一时期较为接近,甚至超过上一时期,尤其是刁口河西侧区域, 陆地面积的增长变化仅为上一时期的 10.8%,但岸线长度的增长速率达到年均 2.07km/a,是上一时期 的 1.4倍,这体现出黄河入海水沙量的减少变化,导致黄河三角洲岸线变迁只集中体现在沿着流路方向 的变化,垂直于流路方向的延伸或蚀退变化不显著。

进入 2010—2013 年间,黄河三角洲海陆交互作用增强,岸线变迁体现出较强的向海延伸变化(见图 4-d),导致该时期除刁口河西侧区域(I区)外,其它流路区域都呈陆地面积的扩张变化,总面积扩张了 133.14km<sup>2</sup>,其中以清 8 汊流路区域(IV区)、清水沟流路区域(V区)和莱州湾西侧区域(V区)的面积扩 张最显著,分别造陆 51.79 km<sup>2</sup>、33.26 km<sup>2</sup>和 45.5 km<sup>2</sup>,此 3 个区域的造陆面积(130.55 km<sup>2</sup>)已经达到上 一时期总造陆面积的 6.33 倍。与此同时,该三区域岸线长度的变化量却都呈减少变化,年均减少速率平 均为 0.76 km/a,这在一定程度说明该时期黄河三角洲岸线向海推进不仅限于沿海路交互作用的方向 上,在垂直于海路交互作用的方向上亦有较强的向海延伸变化,可能受该时期黄河径流、输沙量较大的 影响。

### 4 讨 论

海岸线作为海陆的交界地,也是海陆的过渡地带,极易受到各种因素的影响,且各岸段的底质、地形、 地貌、冲淤状态各有差别<sup>[15]</sup>,改道、人类水利工程的建设以及气候的变化致使入海水沙量的变化,其最终 表现在河流水沙输入与海洋水动力条件的差异上。利津站作为黄河入海水沙的控制站,其水沙数量的变 化对三角洲面积的淤进/蚀退有直接的影响,使黄河三角洲岸线变迁呈现出时空异质性。因此本研究从 利津站年径流和年输沙总量所揭示的黄河入海水沙的变化,并结合黄河的改道作用,讨论分析黄河三角 洲岸线变迁的时空异质性。



图 5 1979-2012 年黄河利津站径流量及输沙量年际变化 Fig. 5 Lijin station's annual runoff and sediment of the Yellow River from 1979 to 2012

1979—1986年间是黄河改道清水沟初期,且该时段范围内黄河入海水沙量达到整个研究时期内的 最高值,表现为利津站年总径流量和输沙量在该时段的年均值分别为 323.10 亿 m<sup>3</sup>和 7.02 亿 t,此外,此 时期处于黄河改道初期,行水河口在行水流路初期延伸较快<sup>[16]</sup>,因此导致大量的黄河入海泥沙在清水沟 流路附近区域(V区)淤积,致使该时段清水沟流路附近岸线呈明显向海延伸变化,从而达到整个研究时 期内的最大的造陆面积和最快的岸线增长速率。进入 1986—1992 年间,受黄河入海水沙量显著减少的 影响,该时段利津站的年总径流量和输沙量的多年平均值仅为前一时期的 63.0%和 67.9%,而且随着入 海口门向滨海深水区突出延伸作用逐渐减缓<sup>[16]</sup>,因而只在清水沟流路因黄河入海水沙的贡献使该流路 区域岸线呈向海延伸的变迁,而其它流路因缺少泥沙补给都呈向内陆蚀退的岸线变迁,使得该时段黄河 三角洲区域整体呈向内陆蚀退的变化特征。1992—1995 年间,黄河仍然处于相对低径流量和低输沙量 的运行状态,该时段利津站年总径流量和年总输沙量的多年平均值与前一时期相当,分别为 179.49 亿 m<sup>3</sup>和 5.66 亿 t。因此,连续 2 个时段的累计时长达 10a 的黄河低水沙运行使得黄河三角洲向内陆蚀退的 强度加大,最终造成该时段(1992—1995 年)陆地减少的面积达到上一时期(1986—1992 年)陆地减少面 积的 1.7 倍。清水沟流路在该时期所呈现出的较快的陆地向海推进的岸线变迁,可能与该时期的海洋水 动力条件的变化有较大关系。

1995年以后,受黄河改道清 8 汊流路的影响,清 8 汊流路区域(IV区)此后基本都呈向海延伸的岸线 变迁,受不同时期黄河入海水沙量差异的影响,导致岸线长度的变化速率时高时低。在黄河入海水沙量 最低的 1995—2000年间,利津站年总径流量和输沙量在该时段的多年平均值只有 79.37 亿 m<sup>3</sup>和 2.07 亿 t,因此该流路区域岸线的向海推进仅限于海陆交互作用的方向上,最终导致该时期在该流路区域陆地 面积微弱向海扩张的同时,岸线长度的扩张速率却非常显著,达到整个研究时期内的第三高值。进入 2000—2005年期间,自 2002年以后黄河调水调沙增加了黄河输沙能力<sup>[17]</sup>,黄河入海水沙增长,致使该流 路区域岸线向海扩张的强度在加大,且扩张的方向不仅局限于海陆交互作用的方向上,也向垂直于海陆 交互作用的方向发展,最终使得该时段该流路区域陆地面积增长的同时,岸线长度的增长速率较上一时 期有所下降,下降了 71.2%。2010—2013 年间,黄河入海水沙量增长显著,利津站年总径流量和输沙量 在该时段的多年平均值分别达到 2005—2010 年间的 1.29、1.05 倍,且上升趋势显著。这使得清 8 汊流 路区域及其邻近的清水沟流路区域和莱州湾西侧区域岸线都呈向海延伸的变化,陆地面积年增速率远远 超过前面 2 个时期,且黄河大径流的携沙作用更加大了岸线的向海推进作用向垂直于海陆交互作用的方 向扩展,最终使得该时期该 3 个流路区域呈岸线长度减少的向海推进的变迁变化。虽然自 1996 年黄河 改道清 8 汊流路以后的 1995—2013 年间,清 8 汊流路区域的岸线呈持续向海淤进的变化(2005—2010 年 受该时段黄河入海输沙量(1.21 亿 t)减少变化的影响,呈少许的岸线向内陆蚀退的变化),但淤进的速率 和强度远不及清水沟流路期间的初期,是因为该时段的年总径流量和输沙量的多年平均值都远远不及 1979—1986 年间的,分别仅及其 44%、23.3%。

刁口河流路区域(Ⅲ区),由于没有稳定的水沙补给,该区域岸线自 1976 年黄河改道以来整体一直处于蚀退状态,具体表现为:随时间推移,刁口河流路区域的岸线整体向内陆方向收缩,岸线曲折性变大<sup>□1</sup>,这也是致使此区域岸线长度呈增加趋势而三角洲陆地面积减少的主要原因。此外,由于废弃河口在行水停止流路初期蚀退较快,以后逐渐减缓,直至基本稳定<sup>□16]</sup>,使得刁口河流路区域在 1979—1986 年间的蚀退变化达到整个研究时期的最大值。刁口河西侧区域(Ⅱ区),海陆面积的淤进/蚀退除个别时期外,其变化与Ⅲ区具有各向同性,究其原因是地理位置的相近使其入海水沙量的输入及海洋水动力、潮流等作用相近。莱州湾西侧区域(Ⅶ区),自 2000 年以后由原来的蚀退状态转变为向海淤进,可能与渤海冷流南下<sup>□18]</sup>,致使黄河口处的入海泥沙在潮流作用力下向南运移及人工围海有较大的关联。神仙沟流路区域(Ⅲ区),1979—1986 年间,三角洲陆地面积有明显的减少,1986—2013 年间变化较小,究其原因是此时期内除去入海口处有变化外,其它区域因 20 世纪 80 年代以来人工堤坝的修建岸线几乎无变化。

5 结 论

(1)黄河三角洲岸线变迁的幅度和总量主要受入海水沙量的影响。1976—1996 年间,入海水沙量最高,三角洲岸线整体变迁的幅度以 1979—1986 年间最为显著;1996—2013 年间,受调水调沙工程增加了 黄河输水输沙能力的影响,使得 2000 年以后的岸线变迁的幅度相对于其前期有一定幅度的增长,尤其体现在 2010—2013 年间,区域岸线变迁整体以向海延伸的变化为主。

(2)黄河的改道作用主要导致三角洲岸线变迁的时空异质性。1979—1986年间,黄河改道清水沟初 期,清水沟流路区域的变化达到整个研究时期的最高值;自1996年黄河改道清 8 汊以来,清 8 汊流路区 域总体上处于向海淤进状态,但其强度远远不及1979—1986年间的清水沟流路区域。刁口河附近区域 (Ⅰ、Ⅱ区)1979—1986年间蚀退变化最明显。神仙沟流路区域,自1986年以后除入海口处有变化外,其 它区域因为人工堤坝的修建岸线几乎没有变化。莱州湾西侧区域,总体是向海推进的,海陆面积变化 较小。

致谢:本研究得到成都信息工程学院以及中国科学院烟台海岸带研究所河口物质输运与沉积课题组 同学的帮助,在此表示感谢。

#### 参考文献

- [1] 栗云召,韩广轩.基于遥感的黄河三角洲海岸线变化研究[J].海洋科学,2012,36(4):99-106.
- [2] 何庆成,张波,李采. 基于 RS、GIS 集成技术的黄河三角洲海岸线变迁研究[J]. 中国地质,2006,33(5):1118-1123.
- [3] Peng Jun, Ma Suisui, Chen Hongquan, et al. 2013. Temporal and spatial evolution of coastline and subaqueous geomorphology in muddy coast of the Yellow River Delta[J]. Geogr. Sci, 23(3): 490-502.
- [4] 薛允传,马圣媛,周成虎.基于遥感和 GIS 的现代黄河三角洲岸线变迁及发育演变研究[J].海洋科学,2009,33(5):36-40.
- [5] 常军,刘高焕,刘庆生.黄河三角洲海岸线遥感动态监测[J].地球信息科学,2004,6(1):94-98.
- [6] 崔步礼,常学礼,陈雅琳,等.黄河水文特征对河口海岸变化的影响[J].自然资源学报,2006,21(6):957-964.
- [7] 董芳,赵庚星,田文新,等.基于遥感和 GIS 的黄河三角洲淤蚀动态研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2003, 31(1):

53-56.

192

- [8] 张晓龙.现代黄河三角洲的海岸侵蚀及其环境影响[J].海洋环境科学,2008,27(5):475-479.
- [9] 杨伟,陈沈良.现代黄河三角洲河口段海岸线演变特征[J].人民黄河,2010,32(10):14-19.
- [10] 杨江平,李广雪. 黄河口岸线演变及人工岛稳定性分析[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2013, 33(2): 33-40.
- [11] 杨伟.现代黄河三角洲海岸线变迁及滩涂演化[J].海洋地质前沿,2012,28(7):17-23.
- [12] Elizabeth H B, Ian L T. Shoreline Definition and Detection: A Review[J]. Journal of Coastal Research, 2005, 21(4): 688-703.
- [13] 许炯心. 人类活动对公元 1194 年以来黄河河口延伸速率的影响[J]. 地理科学进展, 2001, 20(1): 1-9.
- [14] 马妍妍. 现代黄河三角洲海岸带环境演变[D]. 青岛:中国海洋大学, 2008.
- [15] 田家怡,王民,窦洪云,等. 黄河断流对三角洲生态环境的影响与缓解对策的研究[J]. 生态学杂志, 1997, 16(3): 39-44.
- [16] 彭俊,陈沈良.近60年黄河水沙变化过程及其对三角洲的影响[J].地理学报,2009,64(11):1353-1362.
- [17] 王开荣. 黄河调水调沙对河口及其三角洲的影响和评价[J]. 泥沙研究, 2005(06): 29-33.
- [18] 崔承琦,李师汤,孙晓霞,等.黄河三角洲海岸岸线和潮水沟体系发育及其分维研究——黄河三角洲潮滩海岸时空谱系研究Ⅲ[J]. 海洋通报,2001,20(6):61-71.

## The Spatial and Temporal Heterogeneity of the Coastline Change in the Yellow River Delta from 1979 to 2013

WANG Miaomiao<sup>1,2,3</sup>, LU Xiaoning<sup>1,2\*</sup>, SUN Zhigao<sup>3</sup>, and HONG Jia<sup>1,2</sup>

(1. Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China;

2. Key Laboratory of Plateau Atmosphere and Environment of Sichuan province,

Chengdu 610225, China;

3. Yantai Institute of Coastal Zone Research(YIC), Chinese Academy of Sciences(CAS),

Yantai 264003, China)

Abstract: Based on the RS and GIS, the paper analyzes the spatial and temporal heterogeneity and the corresponding forcing factors in the coastline changes in different branch areas of the Yellow River delta from 1979 to 2013. The Qingshuigou and Qingbacha branch areas extended significantly into the sea from 1979 to 1986 with high water and sediment. The sediments decreased and the extension slowed down obviously then. After 1995, affected by the river's migrating to Qingbacha and by the water-sediment adjustment since 2002, the capacity of the sediment transport from the Yellow River into the sea was enhanced, and the amplitude of the coastline change was increased compared with the situations before 2000. Because of the river's migrating to Qingshuigou and Qingbacha branch areas, the transportation of the sediment into the sea was significantly reduced near Diaokouhe branch, and the nearby coastline was in a state of erosion. In Shenxiangou branch area, small changes in the coastline was resulted from the construction of dikes since 1986. The coastline around the Laizhou Bay reached into the sea overall due to the siltation and erosion. Thus, the spatial heterogeneity of the Yellow River delta coastline changes in different periods are mainly affected by the amount of the water and sediment transporting into the sea and the migration of the river.

**Key words**: Yellow River Delta; coastline; erosion/deposition area; Diaokouhe; Qingshuigou; Qingbacha