

# 蓬莱西海岸近海岸滩泥沙运移趋势和 冲淤演变研究

邱恒清<sup>1</sup>, 孙宜超<sup>2</sup>, 秦巧丽<sup>1</sup>, 赵 倩<sup>1</sup>

(1. 山东省水利勘测设计院, 山东 济南 250013;

2. 山东高速集团有限公司 山东高速蓬莱发展有限公司, 山东 济南 250098)

**摘 要:**多年来山东半岛大范围开采海砂对海岸线造成了巨大破坏, 加剧了波浪对海岸的侵蚀, 造成海岸线后退。通过取样分析了海床沉积物的中值粒径和分选系数分布特征, 在野外调查的基础上得到沉积物类型和黏土含量分布情况。通过布设测站实测数据总结了近海海域含沙量和单宽输沙量特点, 并基于悬浮泥沙遥感反演分析了近海海域含沙量分布规律。最后, 通过分析泥沙来源和运移趋势, 对海床冲淤情况进行了演变分析, 得出了海岸线变化过程。自 20 世纪 50 年代以来现状海岸线已后退约 500 m 且仍处于侵蚀后退状态, 本研究为海岸线修复提供基础技术支撑和依据。

**关键词:**遥感反演; 泥沙运移趋势; 冲淤演变; 岸线修复

中图分类号: P736

文献标识码: A

文章编号: 1002-3682(2017)02-0036-12

doi: 10.3969/j.issn.1002-3682.2017.02.005

蓬莱西海岸位于山东半岛北端, 东接烟台开发区, 北与长山岛隔海相望, 是“山东半岛蓝色经济区”的重要组成部分。1985 年以后, 大范围开采海砂对登州浅滩造成了巨大破坏, 加剧了波浪对海岸的侵蚀, 栾家口港至西庄村之间的海岸线严重后退, 海岸线的改变对海洋生态环境、生物多样性、渔业资源以及旅游资源都造成了不同程度的影响。李福林等通过海底地貌形态对比、沉积物取样及海区动力条件分析了登州浅滩的形成, 通过动态演化和水库模型估算分析了其在短期内恢复到原来的规模的可行性<sup>[1]</sup>; 尹东晓研究了登州浅滩表层沉积物特征及输运趋势, 并通过水深地形对比和数值模拟分析并预测了登州浅滩冲淤演化情况<sup>[2]</sup>; 包萌等以清澜湾四期 TM, ETM+, Landsat MSS, HJ1A CCD1 影像和 1976 年地形图为基础采用人机交互方法提取海岸线信息, 并对海岸线及其变化等进行了时空分析<sup>[3]</sup>; 于晓晓等根据夏冬两季海岸实测地形剖面 and 沉积物粒度数据, 对山东半岛南北两海岸地貌与沉积差异性进行分析, 探讨了半岛东部南北岸典型砂质海岸动力环境的差异<sup>[4]</sup>。我们主要针对近海岸滩泥沙运移趋势和冲淤演变进行了深入研究, 并基于遥感反演对海岸线侵蚀变化过程进行了分析, 为寻求海岸线修复可持续发展的解决方案提供了基础技术支撑和依据, 以实现海岛资源的可持续开发和保护。

## 1 资料及来源

2013-06—07 在山东半岛蓬莱西海岸海区采集大量表层沉积物样品并进行了分析, 共设断面 10 个, 取样点 107 个(图 1)。根据《海洋监测规范 第 5 部分: 沉积物分析》<sup>[5]</sup>对沉积物进行分析, 样品分析仪器选用河海大学研制的 NSY-III 型宽域粒度分析仪和中国科学院南京地理与湖泊研究所研制的 SYF-B200 音波振动式半自动筛分粒度仪。

收稿日期: 2016-12-25

作者简介: 邱恒清(1986-), 女, 工程师, 硕士, 主要从事水利工程规划设计方面研究, E-mail: hengqing05@163.com

(陈 靖 编辑)

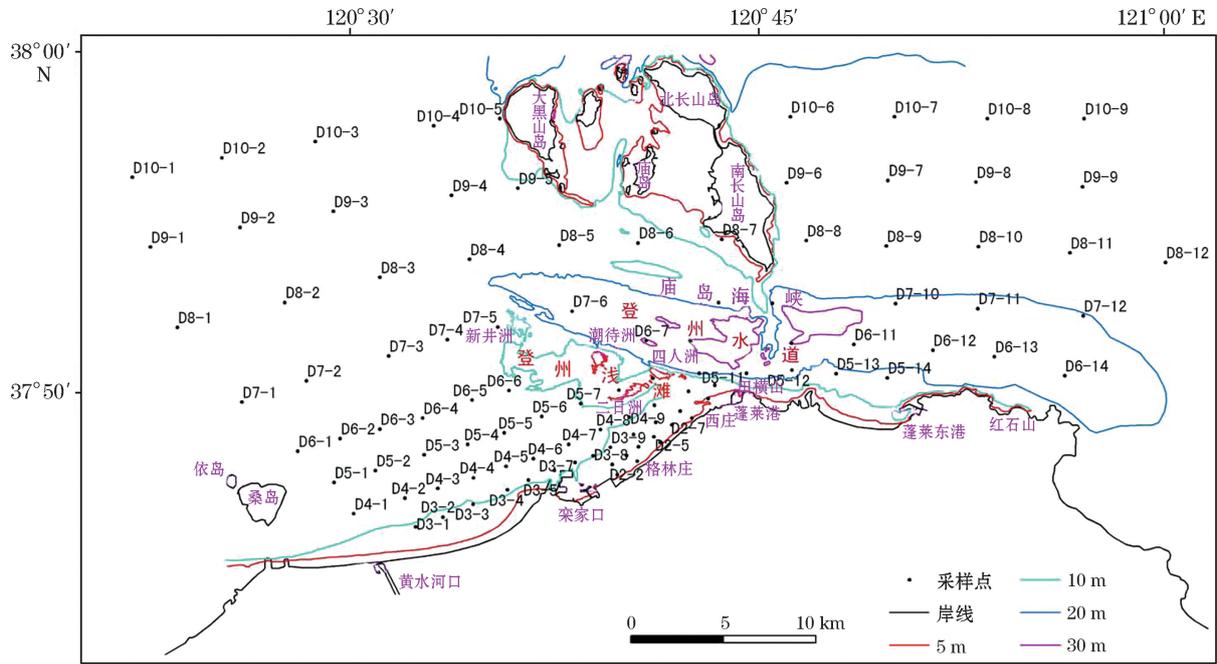


图1 取样位置分布

Fig.1 Distribution of sampling positions

## 2 海床沉积物分布特征分析

### 2.1 海床沉积物中值粒径

所测样品的中值粒径变化范围为 0.009 4~4.597 8 mm,总体变化特征是中部粗两侧细。沉积物中值粒径在登州浅滩西侧呈条带分布,自海域向岸边分布趋势为先减小后增大;沉积物在南长山岛南端以北海域分布为西侧中值粒径大于东侧;沉积物中值粒径在岬角周围和海峡束窄处增大。海床沉积物的中值粒径分布如图 2 所示。

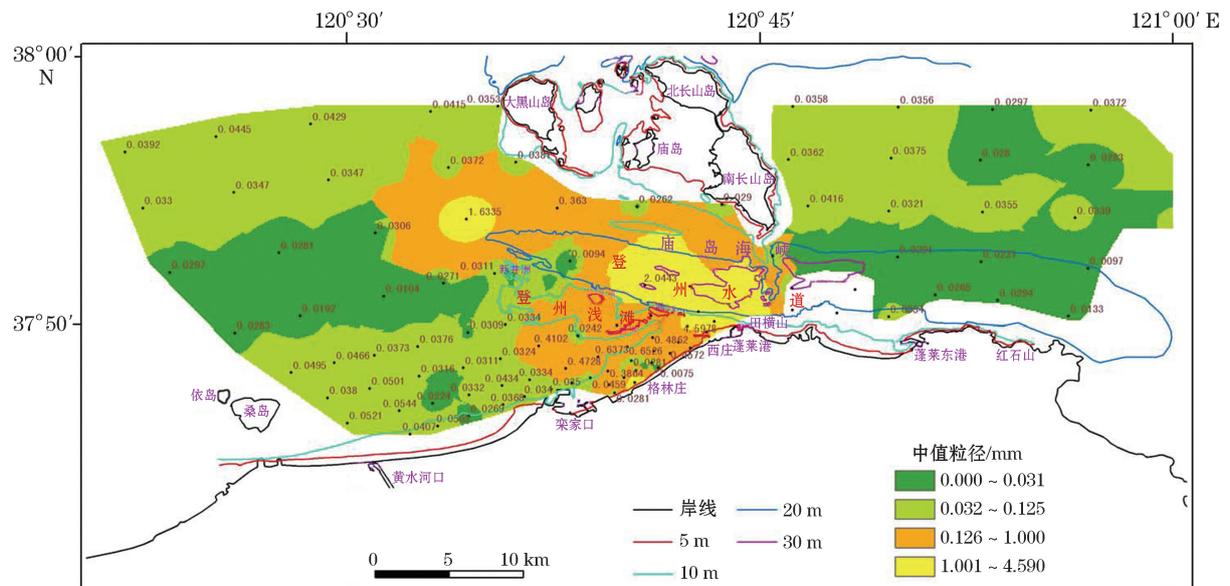


图2 沉积物中值粒径分布

Fig.2 Distribution of median diameters of the sediments

### 2.2 沉积物分选程度

《海洋监测规范 第 5 部分:沉积物分析》<sup>[5]</sup>以沉积物分选系数将沉积物分选程度划分为 4 个级别:分选系数为 0~0.6 表示分选程度很好,0.6~1.4 为好,1.4~2.2 为中常,大于 2.2 为差。所取样品的分选系数介于 0.27~1.82,分选程度一般为好,局部区域变化根据物质组成和水动力情况不同而变化。在渤海海区、登州水道的 10 号断面和西庄村至二日洲等部分区域分选程度为很好,格林庄村等部分区域分选程度为中常。沉积物分选系数分布如图 3 所示。

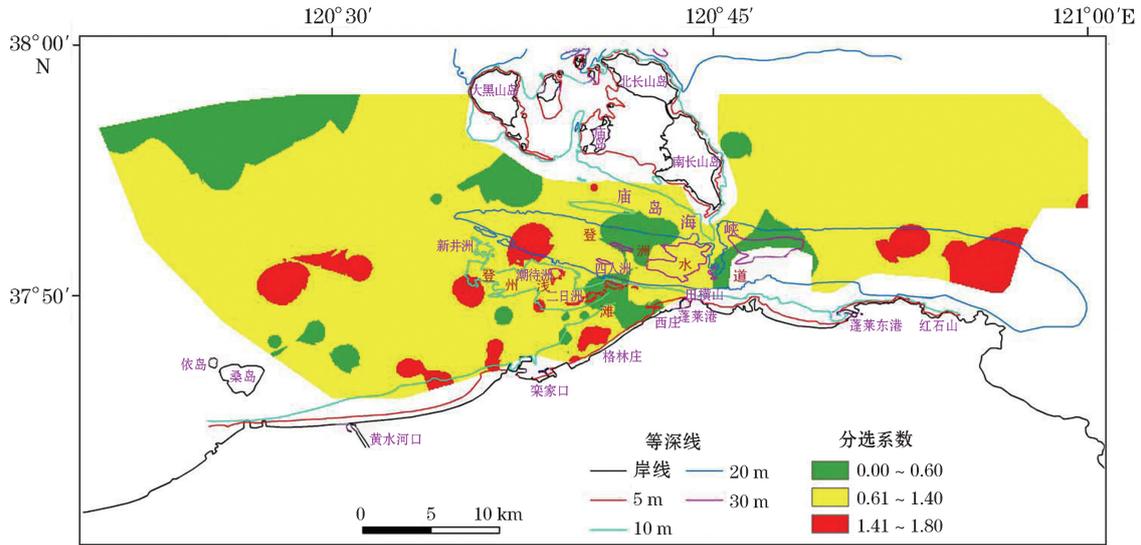


图 3 沉积物分选系数分布

Fig.3 Distribution of sorting coefficients of the sediments

### 2.3 沉积物类型及黏土含量

测量海域的沉积物类型种类较多,由细到粗分别为黏土质粉砂、砂质粉砂、粉砂、中细砂、中砂、粗中砂、砾粗砂和砾石八种<sup>[6-8]</sup>。主要沉积物质质量分数为粉砂 42.59%、砂质粉砂 17.59%、黏土质粉砂 12.96%、粗中砂 11.11%、砾粗砂 10.19%,其他 0.93%~3.70%。沉积物类型分布如图 4 所示。

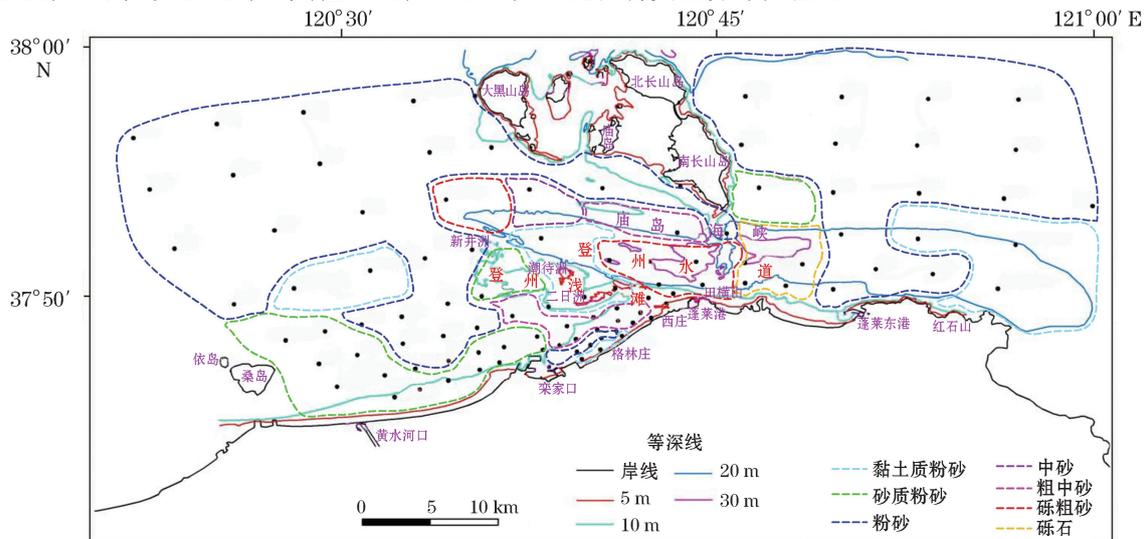


图 4 沉积物类型分布

Fig.4 Distribution of the sediment types



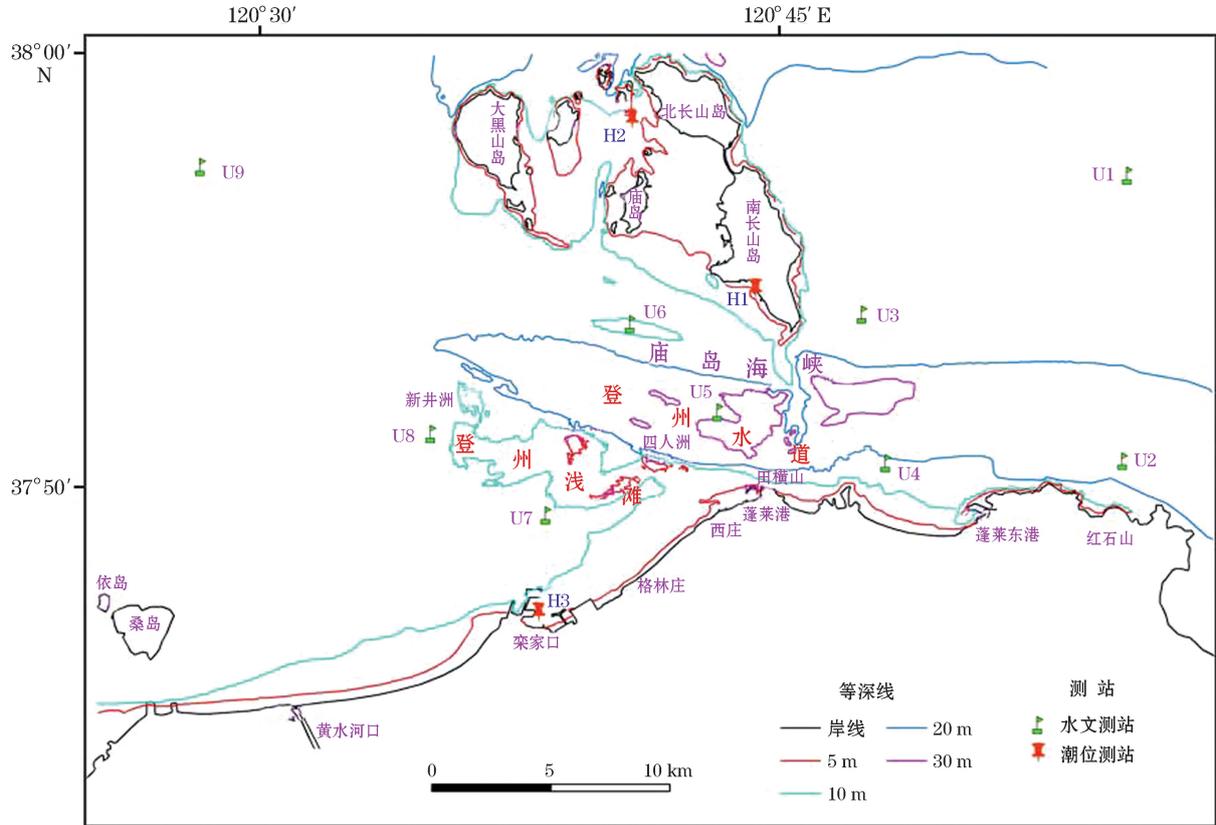


图 6 水文测站位置分布

Fig.6 The distribution of hydrometric stations

表 1 各测站潮段平均含沙量统计

Table 1 The mean sediment content of every hydrometric station

站名	落潮/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$			涨潮/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$		
	大潮	小潮	平均	大潮	小潮	平均
U1	0.016	0.012	0.014	0.014	0.013	0.013
U2	0.022	0.015	0.018	0.020	0.015	0.017
U3	0.020	0.012	0.016	0.013	0.010	0.011
U4	0.037	0.020	0.028	0.034	0.019	0.026
U5	0.020	0.012	0.016	0.012	0.009	0.011
U6	0.012	0.011	0.012	0.012	0.009	0.010
U7	0.018	0.010	0.014	0.015	0.009	0.012
U8	0.022	0.010	0.016	0.015	0.008	0.012
U9	0.013	0.007	0.010	0.008	0.007	0.007
平均值	0.020	0.012	0.016	0.016	0.011	0.013

表 2 各测站潮段垂线平均最大含沙量统计

Table 2 The vertically mean maximum sediment content of every hydrometric station

站名	落潮/kg·m <sup>-3</sup>			涨潮/kg·m <sup>-3</sup>		
	大潮	小潮	平均	大潮	小潮	平均
U1	0.033	0.022	0.033	0.023	0.020	0.023
U2	0.057	0.027	0.057	0.043	0.030	0.043
U3	0.041	0.018	0.041	0.024	0.011	0.024
U4	0.113	0.032	0.113	0.056	0.033	0.056
U5	0.041	0.029	0.041	0.019	0.013	0.019
U6	0.041	0.027	0.041	0.018	0.014	0.018
U7	0.049	0.018	0.049	0.027	0.016	0.027
U8	0.075	0.024	0.075	0.028	0.013	0.028
U9	0.034	0.010	0.034	0.014	0.011	0.014
最大值	0.113	0.032	0.113	0.056	0.033	0.056

表 3 各测站潮段最大含沙量统计

Table 3 The maximum sediment content of every hydrometric station

站名	落潮/kg·m <sup>-3</sup>				涨潮/kg·m <sup>-3</sup>			
	大潮		小潮		大潮		小潮	
	含沙量	测层	含沙量	测层	含沙量	测层	含沙量	测层
U1	0.075	底层	0.034	底层	0.055	底层	0.048	底层
U2	0.116	底层	0.073	底层	0.111	底层	0.066	底层
U3	0.103	底层	0.041	底层	0.046	底层	0.017	底层
U4	0.155	底层	0.081	底层	0.097	底层	0.044	底层
U5	0.080	底层	0.048	底层	0.045	底层	0.027	底层
U6	0.063	底层	0.039	底层	0.033	底层	0.022	底层
U7	0.102	底层	0.053	底层	0.081	底层	0.037	底层
U8	0.080	底层	0.034	底层	0.058	底层	0.032	底层
U9	0.104	底层	0.018	底层	0.032	底层	0.019	底层

根据实测数据计算分析测验期间大、小潮的涨潮与落潮单宽输沙量,所测各站的单宽输沙量具有如下特点:

1)在所设置的9个测站中,位于庙岛海峡两侧的U3,U4和U5三个站及蓬莱西海岸的U7站的输沙方向在大、小潮期间较为一致,除U4站均以涨潮输沙为主外,U3,U5和U7三个站的输沙方向均以落潮输沙为主,其余5站的大、小潮输沙方向相反。

2)庙岛海峡东侧的黄海海区的U1和U2站的输沙方向在小潮期间以涨潮输沙为主,大潮时以落潮输沙为主。

3)庙岛海峡西侧的U6站大潮以落潮输沙为主,小潮以涨潮输沙为主。

4)位于渤海海区的U8和U9测站,小潮以涨潮输沙为主,大潮以落潮输沙为主。

5)从9个测站的净输沙来看,大潮净输沙方向主要向西输移,小潮净输沙主要向东输移,大潮输沙量要大于小潮输沙量;对于蓬莱西海岸附近的U测站,大、小潮期间的落潮输沙量均大于涨潮输沙量,净输沙方向指向西,表明泥沙运移方向有自东向西运移的趋势<sup>[9-10]</sup>。

### 3.2 近海海域悬沙遥感反演

搜集了蓬莱西海岸附近海域的Landsat-5 TM型遥感影像<sup>[11-14]</sup>,反演了表层悬沙浓度分级图(图7)。

从图7可知,浅滩周围含沙量为0.01~0.02 kg/m<sup>3</sup>,5 m等深线周围含沙量为0.02~0.03 kg/m<sup>3</sup>,蓬莱西海岸附近西庄村近海岸的表层含沙量为0.004~0.007 kg/m<sup>3</sup>,沿着登州浅滩表层含沙量一般较高,周围附

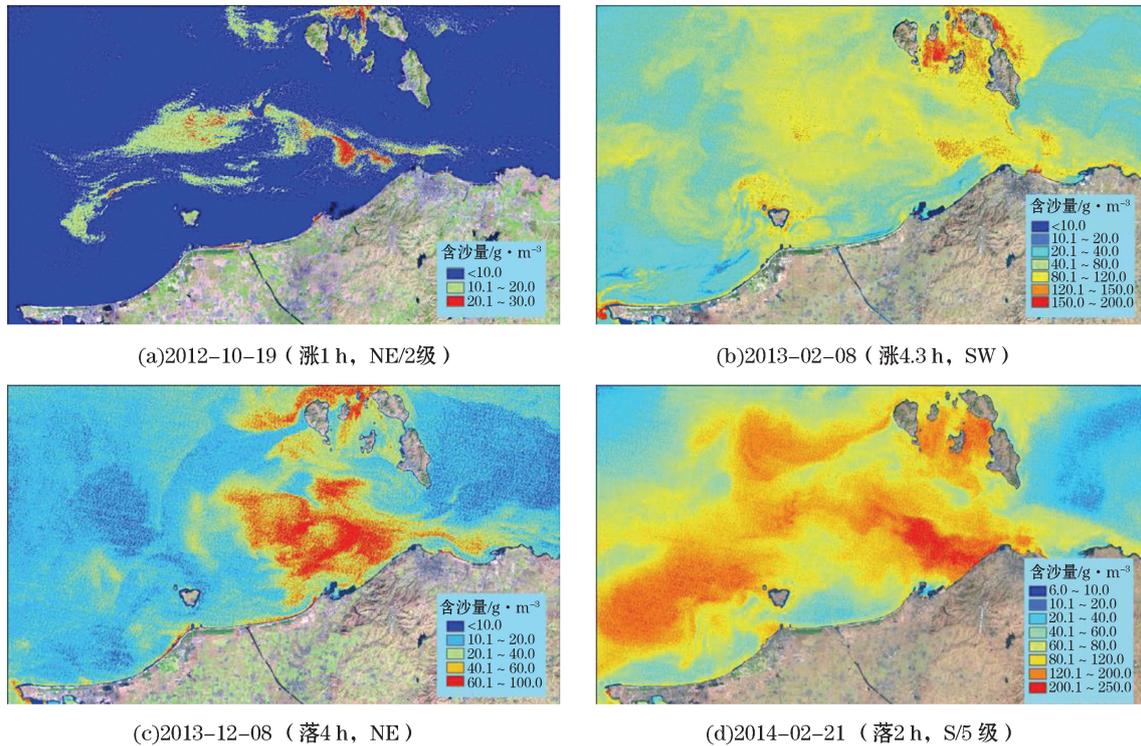


图7 表层悬沙浓度分级

Fig.7 Gradings for concentration of surface suspended sediments

近海域一般小于  $0.01 \text{ kg/m}^3$ 。

从图8可知,蓬莱西海岸周围海域的表层含沙量因大风影响而增大,分布也较为均匀,一般为  $0.05 \sim 0.08 \text{ kg/m}^3$ ,在登州浅滩附近含沙量局部增大到  $0.08 \sim 0.12 \text{ kg/m}^3$ ,蓬莱西海岸附近西庄村附近近岸的表层含沙量一般在  $0.05 \text{ kg/m}^3$ 。

从图9可知,蓬莱西海岸附近外海海域的表层含沙量一般为  $0.01 \sim 0.02 \text{ kg/m}^3$ ,登州浅滩附近的表层含沙量增大为  $0.04 \sim 0.08 \text{ kg/m}^3$ ,最大可达  $0.12 \text{ kg/m}^3$ ,蓬莱西海岸附近西庄村近海岸的表层含沙量一般在  $0.02 \sim 0.03 \text{ kg/m}^3$ 。

从图10可知,蓬莱西海岸附近外海海域的表层含沙量一般为  $0.05 \sim 0.10 \text{ kg/m}^3$ ,在登州浅滩附近稍增大,一般为  $0.15 \sim 0.20 \text{ kg/m}^3$ ,局部可达  $0.20 \sim 0.25 \text{ kg/m}^3$ ,蓬莱西海岸附近西庄村近海岸的表层含沙量一般为  $0.15 \sim 0.20 \text{ kg/m}^3$ 。

整体来看,整个海域的表层含沙量较低,海域的表层含沙量在通常天气条件下一般小于  $0.01 \text{ kg/m}^3$ ,在浅滩及近岸周围稍微增大;海域的表层含沙量受到大风条件下风浪影响而增大,含沙量值和分布情况受风浪历时和大小变化而不同,但其周围外侧海域的表层含沙量小于  $0.10 \text{ kg/m}^3$ ,登州浅滩周围的含沙量一般比外侧海域含沙量高,但一般不大于  $0.25 \text{ kg/m}^3$ 。

### 3.3 泥沙来源及运移趋势分析

蓬莱西海岸附近泥沙来源主要有海岸侵蚀运沙、河流和冲沟供沙和附近岸滩来沙。登州浅滩在1985年被破坏前,蓬莱西海岸保持泥沙供需平衡,以附近岸滩来沙为主;1985年以后,登州浅滩的消除波浪作用受大范围开采海砂影响大大减弱,海洋动力对岸滩泥沙搬运作用和对海岸线侵蚀作用在大风浪条件下均有所增强,泥沙来源仍以当地为主。

测验期间,测量海域的含沙量整体上呈现涨潮小于落潮,涨潮单宽输沙量小于落潮单宽输沙量,落潮输沙处于优势,海域泥沙运移趋势为自东向西。西海岸附近的 U7 测站,大、小潮期间的潮段最大流速均表现为落潮大于涨潮,表明落潮流较为强劲,同时,该站的潮段平均含沙量及单宽输沙量均是落潮大于涨潮,蓬莱西海岸海域泥沙总体上应是自东向西运移,但测验期间海域的含沙量极低,输沙量很小。

## 4 海床冲淤演变分析

### 4.1 近期冲淤演变

蓬莱西海岸海床近期演变以 2004 年海图及 2014 年实测水深地形资料作为依据,主要分析蓬莱西海岸海床等深线的形态变化特征及其演变特点。

#### 1) 等深线平面变化特征

2004 年和 2014 年庙岛海峡附近海域冲淤平面变化如图 8 所示,登州水道 20 m 等深线区域冲淤状况基本没有改变,30 m 等深线区域较实测地形有所增加,边缘水深无较明显变化,20 m 以上的深水区域变化很小,登州水道冲淤情况比较稳定。登州浅滩附近的 10 m 等深线范围冲淤情况减小,如 2004 年海图所示,北侧新井洲被包围在登州浅滩的 10 m 等深线内;2014 年实测水深图显示,登州浅滩主滩体附近的 10 m 等深线和新井洲附近的 10 m 等深线分开且最小水深由 4.9 m 增加到 9.5 m,包围面积大幅减小。潮待洲和新井洲北侧的 10 m 等深线向后退缩并保持平行状态,表明登州水道的潮流对浅滩的边坡有明显的侵蚀作用,特别是新井洲北侧的 10 m 等深线后退了 670 m 左右;登州浅滩其余区域范围内 10 m 等深线基本保持稳定。

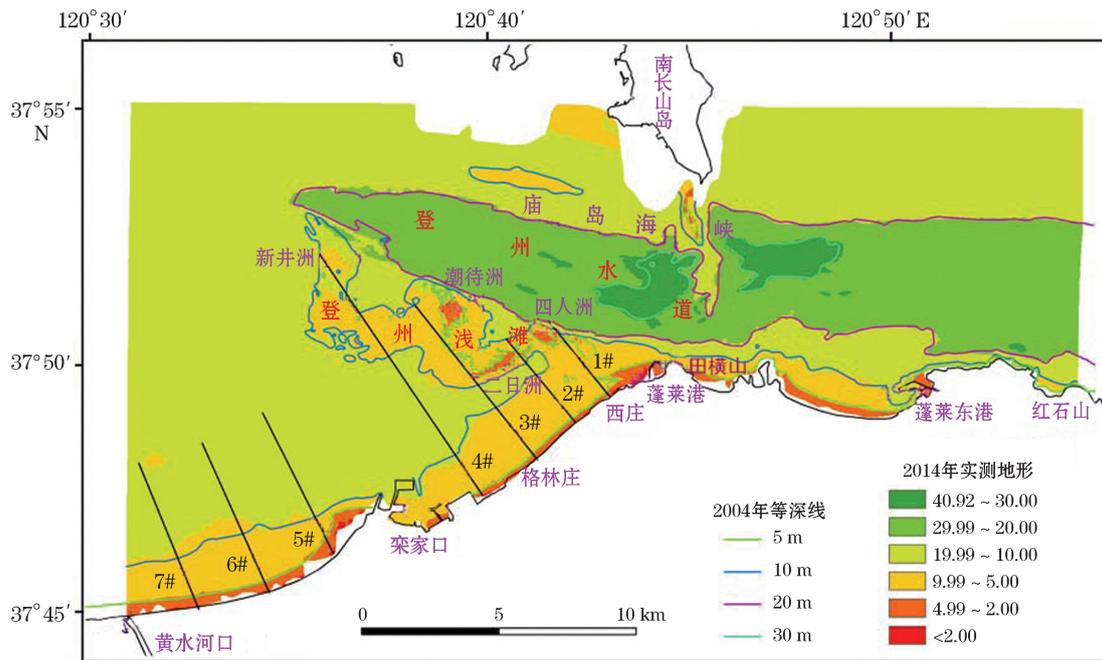


图 8 2004 和 2014 年庙岛海峡附近海域冲淤变化

Fig.8 Erosion-deposition variations in the sea area nearby the Miaodao Strait in 2004 and 2014

从 2004 年到 2014 年,登州浅滩的 5 m 等深线所包围面积由 2.7 km<sup>2</sup>减小至 1.2 km<sup>2</sup>,10 a 间二日洲和潮待洲的 5 m 等深线所围面积均减小了一半以上。蓬莱西海岸东侧西庄村周围的 10 m 等深线未发生很大变化,10 m 等深线自格林庄村至栾家口港之间向西逐渐后退 175~275 m,栾家口的西侧海岸线为弧形且弧度比较平缓,弧顶点西侧向黄水河口 10 m 等深线发生淤积,最大淤积长度 695 m,弧顶点东侧 10 m 等深线

变化很小。蓬莱西海岸附近的 5 m 等深线自黄水河口向西庄村之间的 5 m 等深线基本保持形态稳定,只在蓬莱港周围有一定后退。

### 2) 冲淤部位分析

2004 年和 2014 年蓬莱西海岸近海海域海床变化如图 9 所示,从 2004 年到 2014 年,登州浅滩侵蚀较为严重,特别是登州水道和北部新井洲的迎流坡周围,局部冲刷 8~11 m,最大达 14 m,其冲刷幅度一般自南向北增大。二日洲的滩顶水深变化很小,四人洲的滩顶高程明显下降了 2~3 m,潮待洲的最小水深下降了 3 m 左右。西庄村周围的冲刷较为严重(达 2~3 m),格林庄村周围有冲有淤,但 10 m 以下海床冲淤情况相对稳定;栾家口西侧淤积区一般淤积 0.5 m;八仙渡和田横山之间的海湾近岸的地形变化较小。

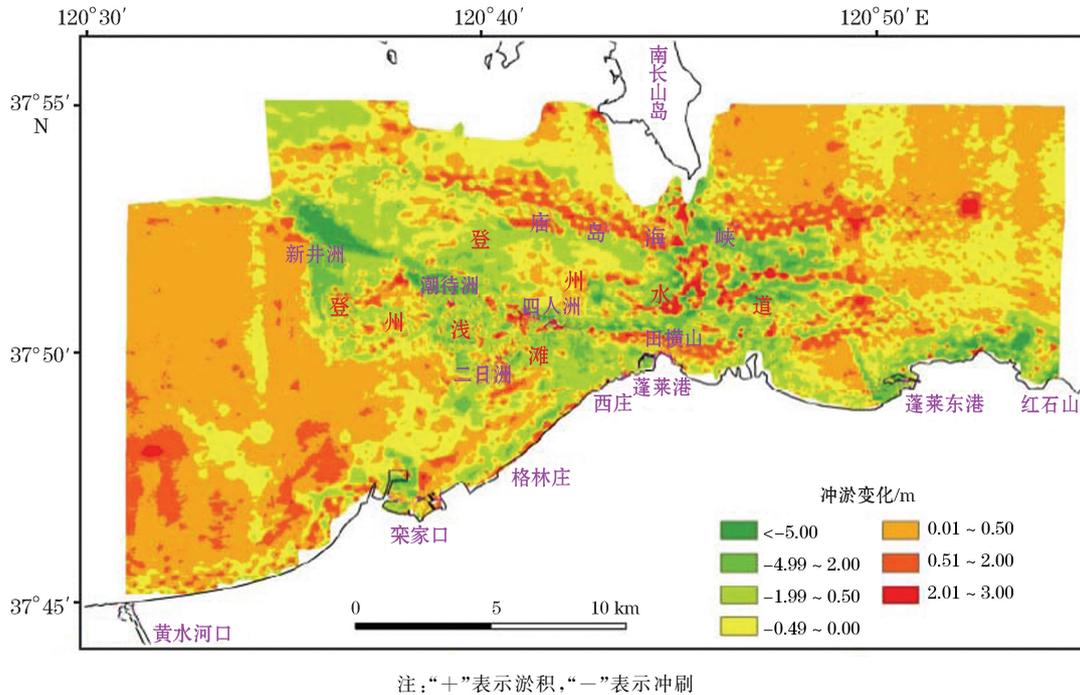


图 9 2004 年和 2014 年蓬莱西海岸近海海域海床变化

Fig.9 Changes of the seabed in the near shore area along the western coast of Penglai in 2004 and 2014

### 3) 断面分析

在蓬莱西海岸自西庄至黄水河口间选择了 7 条典型断面(图 8),进行海床剖面形态变化分析。其中 1#~4# 断面位于栾家口港的东侧,5#~7# 断面位于栾家口港的西侧,断面水深变化如图 10 所示。由图 10 可知,从 2004 年到 2014 年蓬莱西海岸的海床断面变化主要有以下特点:①蓬莱西庄附近的 1# 断面冲刷严重,断面水深一般增加 2~3 m;2# 断面位于西庄与格林庄之间,断面有冲有淤,以冲刷为主,局部水深增大 2~3 m,登州浅滩附近的地貌略有冲刷,但冲刷幅度不大;3# 断面位于格林庄附近,断面有冲有淤,近岸区水深总体变化不大,登州浅滩附近冲刷明显,水深一般增加 2~3 m;4# 断面近岸区水深总体变化不大,登州浅滩上水深大幅增加,一般增加 2~3 m。根据 1#~4# 断面的变化比较来看,西庄村至栾家口港周围的近岸海床主要以冲刷为主,海床冲刷幅度自西向东逐渐增强,登州浅滩海面普遍冲刷,水深一般增加 2~3 m;蓬莱西海岸附近的格林庄村 8 m 以深的地貌有冲有淤,但总体变化相对稳定。②栾家口以西的各断面海床变化较为相似,5#~7# 断面 10 m 水深以浅的水域,海床总体变化不大,10 m 以下水域,略有淤积,水深一般减小 0.5 m 左右。

## 4.2 海岸线变化过程分析

登州浅滩在没有被破坏前西庄村海岸一直均有冲刷和淤积,平均值为 0.03~0.09 m/a;而登州浅滩自从

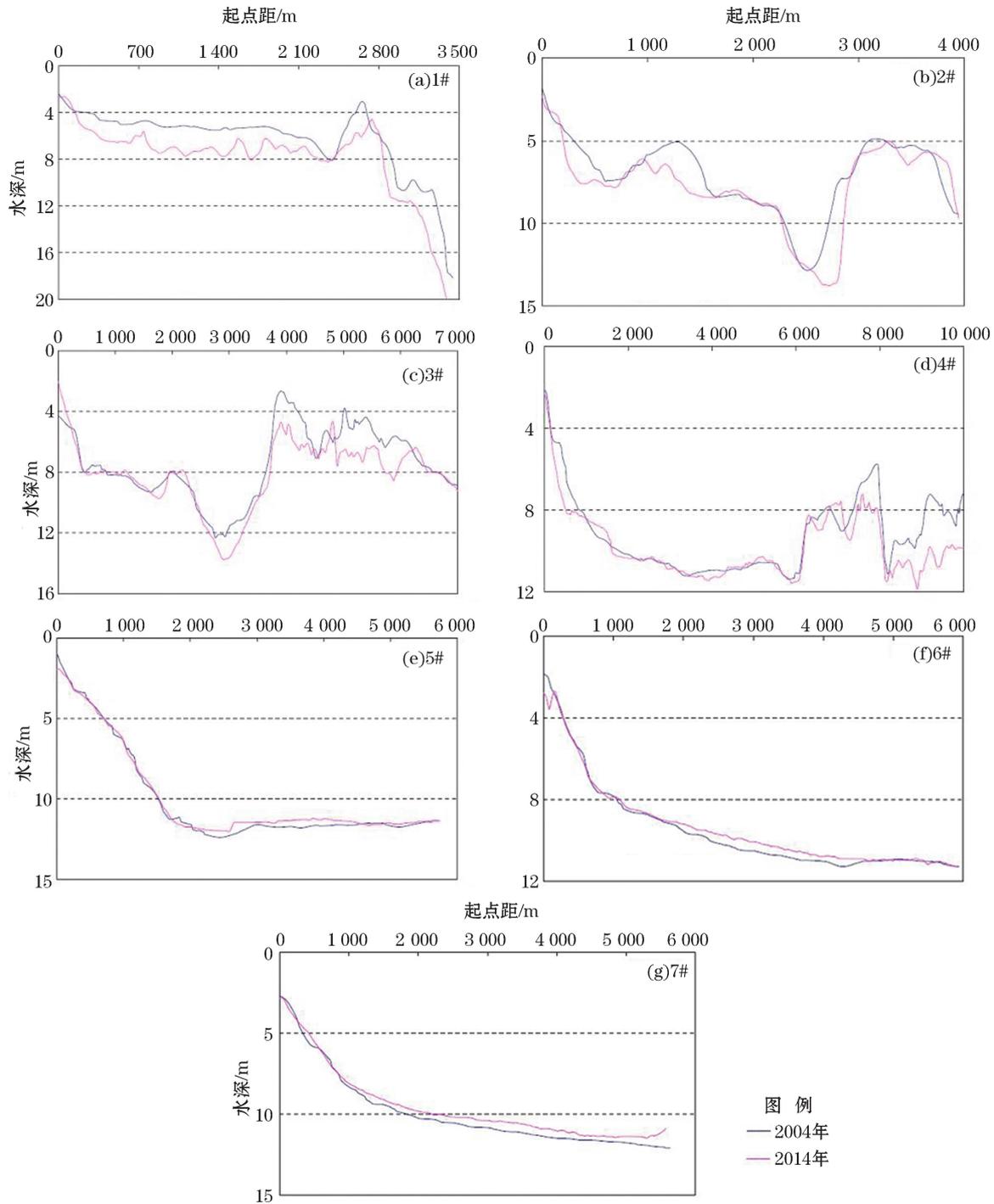


图 10 2004 和 2014 年各断面水深变化

Fig.10 Changes of water depth along every section in 2004 and 2014

被破坏以后西庄村海岸发生了大范围的冲刷,海岸线一次大浪过程中就后退了 14~20 m。分别在 1990-01-29—30 和 1990-02-23—24,发生了 2 次 NNE-NNW 方向大风浪,对该段海岸侵袭严重,海岸线后退 20 m 左右,海浪冲毁了部分临岸民宅,吞噬农田、工厂、养殖场和公路等众多设施受到不同程度损坏。灾后沿岸各村、单位修筑的众多小规模挡浪墙,至今亦遭受不同程度的破坏。海岸侵蚀已成为重大的海洋灾害,威胁着当地人民的生命安全和正常的生活、生产。

蓬莱西海岸海岸线呈 NE-SW 向,岸线平直,与长山岛跨海相望。长期海洋自然环境动力因素使这段海岸线被严重侵蚀,比较不同年代的测图,现状海岸线与 20 世纪 50 年代相比平均后退达 500 m(最大处 700~800 m),平均年速率达 10 m。

## 5 结 论

针对海床沉积物中值粒径和分选系数分布特征进行了取样分析,在野外调查的基础上得到沉积物类型 and 黏土含量分布情况。通过测站实测数据总结了近海海域含沙量和单宽输沙量特点,同时,基于悬浮泥沙遥感反演分析了近海海域含沙量分布规律。最后,通过分析泥沙来源和运移趋势,对海床冲淤情况进行了演变分析,并得出海岸线变化过程,主要结论如下:

1) 蓬莱西海岸周围海域含沙量在一般天气条件下水平较低,海域的悬沙平均粒径为 0.011 0 mm,主要成分为黏土质粉砂;海域含沙量小潮略小于大潮,涨潮略大于落潮,涨潮和落潮平均含沙量为 0.015 kg/m<sup>3</sup>。

2) 整个海域的表层含沙量较低,海域的表层含沙量在一般天气条件下一般小于 0.01 kg/m<sup>3</sup>,在浅滩及近岸周围稍微有所增大;海域的表层含沙量受大风浪影响下增大,其量值和分布受历时和风浪大小变化而不同,但其周围外海的表层含沙量一般小于 0.10 kg/m<sup>3</sup>。

3) 海岸的泥沙来源主要有海岸侵蚀运沙、河流和冲沟供沙和附近岸滩来沙,当地物质为主要物质来源,海域含沙量和输沙量在正常情况下均较小。

4) 沉积物中值粒总体变化特征是中部粗两侧细;沉积物中值粒径在登州浅滩西侧呈条带分布,自海域向岸边分布趋势为先减小后增大;沉积物在南长山岛南端以北海域分布为西侧中值粒径大于东侧;沉积物中值粒径在岬角周围和海峡束窄处增大。

5) 登州浅滩海岸线仍然处于侵蚀后退状态,北侧比南侧收到的侵蚀更加严重,栾家口港至西庄村之间的海床受冲刷力度自西向东逐渐增强,格林庄村冲刷和淤积并存且总体持相对稳定。

6) 庙岛海峡西侧的渤海海域,潮流流速,潮汐强度弱,泥沙含量低且来源不足,海床基本稳定,风浪具有季节性,夏季风小浪弱。

### 参考文献:

- [1] LI F L, XIA D X, WANG W H, et al. Discussion on the evolution cause and its recovery for the Dengzhou Shoal[J]. Haiyang Xuebao, 2004, 26(6): 65-73. 李福林,夏东兴,王文海,等.登州浅滩的形成、动态演化及其可恢复性研究[J].海洋学报,2004,26(6):65-73.
- [2] YIN D X. The study of sedimentary characteristics and the erosion and deposition environment evolution in Dengzhou Shoal[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2013. 尹东晓.登州浅滩沉积物特征及冲淤演化研究[D].青岛:中国海洋大学,2013.
- [3] BAO M, SUN W F, MA Y, et al. Remote sensing monitoring and analysis of the changes in coastline and adjacent landscapes along the Qinglan Bay in the last 40 Years[J]. Coastal Engineering, 2014, 33(2):66-76. 包萌,孙伟富,马毅,等.近 40 年来清澜湾海岸线及其邻接地物遥感监测与变迁分析[J].海岸工程,2014,33(2):66-76.
- [4] YU X X, GU D Q, YAN W W, et al. Lateral differences in sediments and geomorphology of the northern and southern typical sandy coasts in the eastern Shandong peninsula and their genesis-Taking the coasts of the Haiyang Wanmi Beach and the Weihai International Beach as the example[J]. Coastal Engineering, 2016, 35(1):33-46. 于晓晓,谷东起,闫文文,等.山东半岛东部南北岸典型砂质海岸沉积、地貌的横向差异及成因分析——以海阳万米海滩岸段和威海国际海水浴场岸段为例[J].海岸工程,2016,35(1):33-46.
- [5] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of P.R.C. The specification for marine monitoring Part 5: Sediment analysis GB 17378.5—2007[S]. Beijing:Standards Press of China, 2007. 全国海洋标准化技术委员会.海洋监测规范 第 5 部分沉积物分析 GB 17378.5—2007[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [6] WU S Y. The erosion of Penglai west coast of Shandong and its relationship with geomorphologic environment[J]. Coastal Engineering, 1992,11(4):46-52. 吴桑云.山东省蓬莱西海岸侵蚀及其与地貌环境的关系[J].海岸工程,1992,11(4):46-52.
- [7] WANG Q, ZHONG S Y, LIU J H, et al. The channel dynamic geomorphology of Miaodao Strait, Shandong, China[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2006, 26(2): 17-24. 王庆,仲少云,刘建华,等.山东庙岛海峡的峡道动力地貌[J].海洋地质与第四纪地质,2006,

26(2):17-24.

- [8] ZHANG W. Study on the geomorphologic characteristic and controlling factors in the Southern Bohai Strait[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2014. 张伟.渤海海峡南部海域地貌特征及控制因素研究[D].青岛:中国海洋大学,2014.
- [9] YU W. The Study on distribution and the variability forming mechanism of surface suspended sediment of the Bohai Sea[D]. Qingdao: The Graduate School of Chinese Academy of Sciences(The Marine Guidance Laboratory), 2011. 于炜.渤海表层悬浮物分布变异规律的研究[D].青岛:中国科学院研究生院(海洋研究所),2011.
- [10] E G X. The numerical simulation analysis of sediment of a reclamation works[D]. Ji'nan: Shandong University, 2013. 俄广迅.某围海造陆工程泥沙数值模拟分析[D].济南:山东大学,2013.
- [11] KONG J L, YANG J, PU Y F, et al. Remote sensing retrieval for vertical spatial distribution of suspended sediment concentration in the Caofeidian coastal waters[J]. Journal of Geo-information Science, 2016, 18(10):1428-1434. 孔金玲,杨晶,蒲永峰,等.曹妃甸近岸海域垂直向悬沙含量遥感反演[J].地球信息科学学报,2016,18(10):1428-1434.
- [12] WANG W J. Study on the suspended matter's distribution from remote sensing retrieval and its movement mechanisms in the surface layer of the East China Seas[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2008. 王文娟.东中国海表层悬浮体分布的遥感反演及运输机制研究[D].青岛:中国海洋大学,2008.
- [13] LU J Z. Study on suspended sediment transport coupling remote sensing retrieval and numerical simulation in the Bohai Sea[D]. Wuhan: Wuhan University, 2010. 陆建忠.遥感反演与数值模拟耦合的渤海悬浮泥沙输移研究[D].武汉:武汉大学,2010.
- [14] FU D Y, LUAN H, LIU D Z, et al. Analysis of suspended sediment concentration remote sensing models in winter and spring in the Pearl River estuary[J]. Marine Environmental Science, 2016, 35(4):600-604. 付东洋,栾虹,刘大召,等.珠江口冬春季悬浮泥沙浓度遥感反演模式分析[J].海洋环境科学,2016,35(4):600-604.

## Study on Sediment Transport Trend and Scouring-Silting Evolution in the Near Shore Beach Along the Western Coast of Penglai Based on Remote Sensing Retrieval

QIU Heng-qing<sup>1</sup>, SUN Yi-chao<sup>2</sup>, QIN Qiao-li<sup>1</sup>, ZHAO Qian<sup>1</sup>

(1.Shandong Survey and Design Institute of Water Conservancy, Ji'nan 250013, China;

2.Shandong Hi-Speed Group Co., Ltd. Shandong Hi-speed Penglai Development Co., Ltd., Ji'nan 250098, China)

**Abstract:** Large-scaled sea-sand excavation along the coast of Shandong Peninsula in the past years has caused severe damage to the coastline, aggravated the erosion of the waves on the coast and given rise to the coastline retreat. The changes of the coastline have brought about effects with different extents to the marine ecological environment, the biodiversity, the fishery resources and the tourist resources. In the present paper, the distributions of the median diameters and the sorting coefficients of the seabed sediments are analyzed and the distributions of the sediment types and the clay contents are obtained on the basis of field investigations. The characteristics of the sediment concentrations and the single width sediment discharge in near shore area are summarized based on the data measured at the observation stations. Moreover, the distribution law of the sediment concentrations in the near shore area is analyzed based on the remote sensing retrieval of suspended sediments, and the seabed scouring-silting evolution in the study area is discussed by analyzing the sources and transport trends of the sediments, thus obtaining the changing process of the coastline is obtained. This study can provide basic technical support and basis for the shoreline restoration.

**Key words:** remote sensing retrieval; sediment transport trend; scouring-silting evolution; shoreline restoration

**Received:** December 25, 2016