

滕雨辰, 刘爽, 庄振业, 等. 淤泥质海岸人造沙滩工程评估: 以启东碧海银沙沙滩为例[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(1): 77-83.

# 淤泥质海岸人造沙滩工程评估: 以启东碧海银沙沙滩为例

滕雨辰<sup>1</sup>, 刘爽<sup>1</sup>, 庄振业<sup>1</sup>, 曹立华<sup>1\*</sup>, 张永华<sup>2</sup>

(1 中国海洋大学海洋地球科学学院, 青岛 266100; 2 国家海洋环境监测中心, 大连 116023)

**摘要:** 启东碧海银沙沙滩位于长江入海口北支口北侧启东嘴附近, 是典型的粉砂淤泥质海岸, 受长江江流、海水风暴潮和潮流等影响, 海岸地质背景较为复杂, 以海陆交互作用的潮间带和水上三角洲地貌为主, 本身地质条件并不适合作为沙滩旅游项目的开发。自 2011 年起, 恒大集团在这里使用泥岸人造沙滩技术, 通过围堤筑坝、滤沙净水, 成功建成了围海 7.23 km<sup>2</sup>、滩长 3.5 km 的恒大海上威尼斯碧海银沙项目。在该项目建设之前有上海金山城市沙滩、天津东疆浴场、潍坊央子人造沙滩等多个人造沙滩建成, 其在上述人造沙滩成功案例的经验基础上, 结合自身地质条件, 成功总结出了适合自身的一套围海成湖、吹沙净水、泥沙隔板及防泥网的工程技术系统, 为中国粉砂淤泥质海岸人造沙滩建设提供了又一实践经验。

**关键词:** 粉砂淤泥质海岸; 人造沙滩; 吹沙净水; 封闭式围堰; 防泥网

中图分类号: P753

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2019.207

## 0 引言

近年来, 在经济发展的同时, 我国对沿海生态和环境要求逐渐增长, 对海岸休闲娱乐功能的需求也开始提高<sup>[1]</sup>, 因此, 传统的硬工程护岸已无法满足社会需求。而通过以人工抛沙为主的软工程护岸为主, 构筑防波堤、丁坝等硬工程护岸为辅的海滩养护工程已成为了最佳的解决方案<sup>[2]</sup>。欧美等经济发达国家广泛开展了海滩养护的应用理论和数值模型的研究, 进行了许多工程实践, 取得了丰硕成果<sup>[3,4]</sup>, 我国在近十几年内也开始尝试实施海滩养护工程。目前, 海滩技术大多用于砂质海滩养护, 但在占我国海岸线约 30%、长达 6 000 km 的粉砂淤泥质海岸<sup>[5]</sup>上却成了养护新问题。淤泥质海岸具有黏性大、滩面软、承载力小、易滑塌等问题, 不

适宜进行沙滩建设。在江苏启东的养护工程建设取得成功后, 笔者参加了该工程后的调查、测量、取样和样品的分析等工作, 发现其在围堰、隔板、界网等方面均取得了较好的建设经验。本文将从上述几个方面介绍和评估在淤泥质海岸上建人造沙滩的经验。

## 1 海岸区域简介

江苏省启东人造沙滩(恒大海上威尼斯碧海银沙)位于长江入海口北支口北侧启东嘴附近, 属于江苏省启东市, 与崇明岛隔江相望(图 1)。其独特的地理位置决定了该地区复杂的沉积动力环境。潮滩沉积对外部环境变化的响应十分敏感, 受南下苏北沿岸流、台风风暴潮和强海浪天气等影响, 沉积动力环境十分复杂。启东市近海区域以海陆交互作用的潮间带和潮滩地貌为主, 附近海域地形总体从近岸向海逐渐变深, 水下发育有水下沙洲和冲刷槽等地貌。

启东市附近海域的潮流以正规半日潮流为主, 潮差 > 2.5 m, 流向呈 NNW-SSE 走向, 具有一定的往复流特征。根据流速统计的结果看, 海域内流速受涨落潮影响明显, 总体呈大潮流速大于小潮流速, 涨潮流速大于落潮流速的特点。在大潮期, 平均流

收稿日期: 2019-11-26

资助项目: 国家海洋局公益性项目“海岛旅游海滩管理技术研究与应用示范”(201405037); 国家海洋局海域管理技术重点实验室开放研究基金(201706)

作者简介: 滕雨辰(1994—), 男, 在读硕士, 主要从事地质工程方面的研究工作。E-mail: tengyuchen123@126.com

\* 通讯作者: 曹立华(1964—), 男, 教授, 主要从事海洋地质、地质工程方面的教学与科研工作。E-mail: hardyqd@ouc.edu.cn

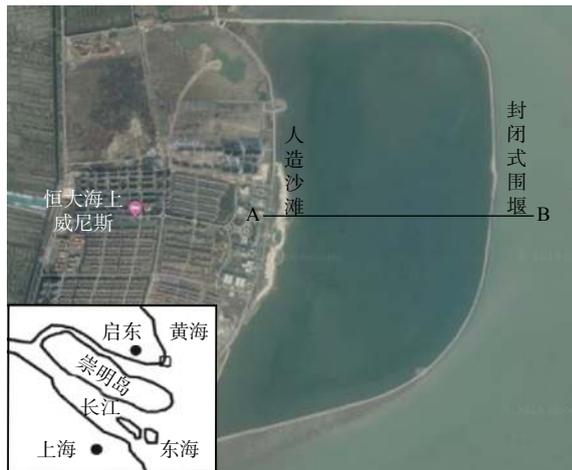


图1 启东碧海银沙位置图

Fig.1 Location of the Bihai Silver Sand Beach in Qidong

速约为 0.5~1.1 m/s, 最大可达 1.4 m/s, 而小潮时流速也可达 0.3 m/s。同时, 该地区也是风暴潮影响较大的地区, 主要为热带气旋(台风)引起的风暴潮。据不完全统计, 该地区年均遭遇台风 2.24 次, 风力通常为 6~11 级, 最高可达 12 级<sup>[6]</sup>。风暴潮能够使潮波能量快速聚集, 有很强的掀沙和输沙能力, 可以在短时间内迅速改变岸线形态, 风暴潮引起的风浪和增水, 能够在短时间内使周围的海岸发生剧烈的冲淤变化。

启东市位于长江北支岸线与江苏海岸线的转折处, 属于新构造运动类型中的长江三角洲持续沉降区内, 沉降幅度能达到 200~500 m, 为堆积—冲刷陡坡, 水下坡度达 7.7%, 且自西向东淤泥层逐渐变厚, 多为黄褐色砂砾层与杂色黏土互层, 容易发生滑动, 并发育季节性韵律层理。该地区的第四纪沉积物为海积、冲积压砂土, 泥沙来源以长江口搬运泥沙和北部沙丘向南搬运泥沙为主, 近岸海底主要为黏土质粉砂和粉砂质黏土, 约占地层泥沙的 90%; 沉积物由松散沉积物组成, 呈二元结构特征: 上层沉积物多为细颗粒物质, 主要是黏土质粉砂; 下层沉积物主要是砂质粉砂, 颗粒较粗, 中值粒径  $D_{50}$  约为 0.005~0.010 mm, 受物源和水动力环境的影响, 平均含沙量极高, 并有冬季高于夏季、大潮高于小潮、落潮高于涨潮的规律。由于近岸地区复杂的水动力条件, 近岸潮流、浅滩泥沙冲淤等各方面动力因素的相互作用, 加之淤泥质海岸自身的不稳定性, 使该地区建造人造沙滩存在诸多不利条件。

为防止因人工围垦活动持续加强以及海岸自身侵蚀所造成海岸的侵蚀加剧, 启东市自 20 世纪 50 年代至今已进行了多次海岸防护工程。2007 年

开始在此地建造大堤以保证碧海银沙项目的建设。建堤之后该区域的海洋动力和海岸地貌发生了巨大的变化, 原先的粉砂淤泥质海岸类型已大量减少, 在围垦大堤外侧岸滩上的沉积物出现粗化现象, 呈现出了部分砂质海岸的特征。这一变化使之具有相对其他岸线更好的工程地质条件, 更加适于人工沙滩的改造。

## 2 人工沙滩工程建设

启东恒大人造沙滩工程建于原潮滩之上, 海岸长 4.4 km, 滩长 3.5 km, 围堰全长 8.5 km, 围海域面积 7.23 km<sup>2</sup>, 称为威尼斯湖。湖水因被围堰掩护, 湖水含沙量只有 0.01 kg/L, 而围堰外的海水好天气含沙量达 0.08 kg/L 或更高, 湖中近岸建人造沙滩。人造沙滩以大型土工布阻隔置于粉砂淤泥地层之上, 平面上沙与湖泥间由坚固的防泥网所隔。在网内浅湖和滩上建立浴场和其他运动设施(图 2)。湖中建立为保证人工沙滩的安全和稳定, 关键的技术要点包括封闭式防波堤围堰、人造沙滩泥沙隔板和泥沙界网 3 部分。

### 2.1 封闭式围堰和吹沙净水

封闭式围堰是实现启东地区人工沙滩建设最关键的工程, 不仅可以降低潮汐和波浪对人造沙滩的影响, 并抵御每年夏天来到的风暴潮。围堰内外海水形成独特的“双色海”, 围堰外惊涛骇浪, 海水浑浊; 围堰内海天一色, 一望无垠。在围堰形成的封闭区域可以实施“吹沙净水”技术并养殖海生生物, 实现海中泥沙自然沉降, 降低海水水质的治理成本。

本工程围堰十分坚固, 堰顶标高 7.7~7.9 m(吴淞高程), 远高于 3.82 m 的平均高潮位, 并且高于当地 6.22 m 的历史最大高潮位, 同时可抵御五十年一遇的风浪。围堰整体呈西高东低的走势, 总长约 8.5 km, 顶面宽 6 m, 其围堰外侧是高含沙量的黄海海水, 内侧是干净清洁的湖水。围堰外侧使用扭王字块水泥体构建并建有高约 1.5 m 矮墙, 内侧是高角度水泥斜坡。围堰南侧设有取水泵站(图 3c), 北侧设有排水涵闸(图 3d)保证湖水经常更换。

使用封闭式围堰把海水围起来, 在内部形成静海, 避免潮汐波浪的影响, 之后利用“吹沙净水”技术, 使水中的泥沙自然沉降后再进行吹沙工作, 在海底形成深浅不一的坑, 把沉淀物聚集起来, 水

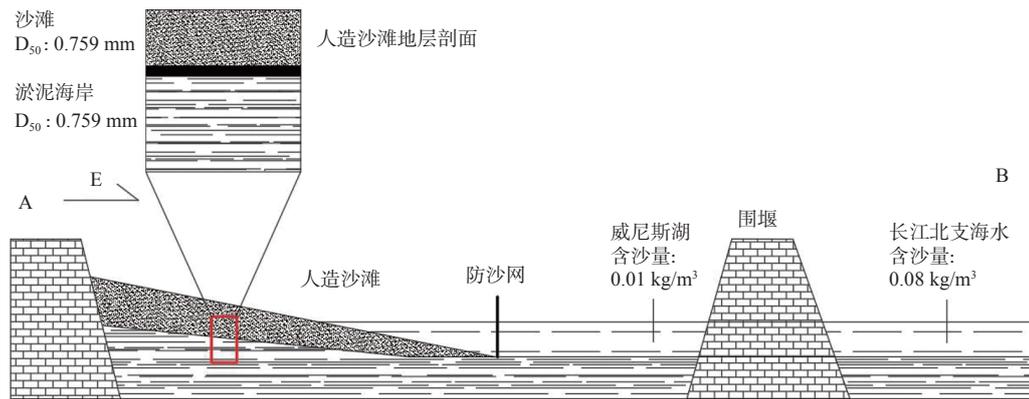


图 2 碧海银沙人造沙滩剖面示意图  
Fig.2 A profile of the Bihai Silver Sand beach



(a) 围堰内坡; (b) 围堰外坡; (c) 进水口; (d) 出水口  
照片摄于 2019 年

图 3 启东碧海银沙封闭式围堰、进水口、出水口

Fig.3 The pictures of closed cofferdam, water inlet and water outlet

的表层就会变干净,当海水的悬浮物降低到一定百分比,使海水呈现出蓝色,并辅以藻类及各种水生生物,将围堰内形成一个小型的生态系统,使内部海域可以实现自我控制。最终围堰内含沙量为  $0.01176 \text{ kg/m}^3$ ,围堰外部海域为  $0.07671 \text{ kg/m}^3$ ,远小于原有近岸浅水区平均含沙量  $0.3 \sim 0.7 \text{ kg/m}^3$  及深水区含沙量  $0.2 \sim 0.4 \text{ kg/m}^3$ 。根据启东圆陀角旅游度假区分别于 2017 和 2018 年对该地区的 2 次环境影响评价显示,海水中各项指标均满足《海水

水质标准》(GB3097—1997)各类水质标准要求,海洋环境质量总体良好。可见封闭式围堰及“吹沙净水”技术取得了非常可观的效果。

### 2.2 人造沙滩和泥沙隔板

启东碧海银沙海岸原为粉砂淤泥质海岸,受长江口搬运泥沙和北部沙丘向南搬运泥沙影响,主要以黏土质粉砂和粉砂质黏土为主。受启东地区近几十年来在海岸线附近建造的堤坝影响,现有淤泥

质海岸经过改造已变得相对稳定,为人工沙滩的建设提供了相对便利的条件<sup>[7]</sup>。

在这种地质条件下,恒大集团使用清除上覆淤泥并人工抛沙铺沙的方法,首先将原潮滩上不稳定的泥层进行人工冲蚀,之后在其上大面积铺设特制的编织袋土工布(图4),用以隔离泥层与沙层,防止泥、沙层之间发生滑动、不均匀沉降、下伏泥层穿刺到上覆沙层等问题,最后在土工布上覆盖取自三亚的白沙,  $D_{50}$  为  $0.6\sim 0.8\text{ mm}$ , 最终完成长  $3.5\text{ km}$ 、面积  $28\text{ 万 m}^2$  的人造沙滩。



照片摄于 2019 年

图 4 启东碧海银沙编织袋土工布

Fig.4 Woven bag geotextile for Bihai Silver sand beach

### 2.3 防泥网设置

为保护游客安全,防止游客出现溺水或陷入未覆盖沙的黏泥区等危险,碧海银沙海滩设置有移动防泥网。在离海岸不远的位置设置有瞭望塔,塔由不锈钢结构组成,高出海平面约  $3\text{ m}$ ,深嵌入海底,塔距约  $200\text{ m}$ 。在旅游旺季时,瞭望塔将作为固定支点串联具浮球形的移动防泥网(图5);并配以定期巡航的海面摩托艇,使三者形成立体式的安全防护措施以保障游客安全。



照片摄于 2019 年

图 5 启东碧海银沙瞭望塔和防护网

Fig.5 The observation tower and sand prevention net of Bihai Silver sand beach

## 3 工程效果评估

江苏省及周边上海地区海岸均大量发育粉砂淤泥质海岸,约占江苏海岸线总长的  $90\%$ 。岸线中粉砂淤泥的存在不利于沿岸的工程施工,导致无法进行各类休闲娱乐项目的建设。为了推进周边地区海上娱乐项目的发展,上海建立了金山城市沙滩,但是仍不能满足需要,为此恒大集团在江苏省启东地区投资建立了海上威尼斯项目,以改善周边地区海上休闲的条件,而碧海银沙海滩就是这一项目的关键。

碧海银沙海滩作为恒大海上威尼斯项目的龙头项目,于 2011 年开始筑堤,2014 年完工,最终合围海岸线  $3.5\text{ km}$ ,海域面积  $7.23\text{ km}^2$ 。改造为极富观赏价值的双色海奇观,形成“水蓝、沙白、椰林树影”的人工沙滩<sup>[8]</sup>。自 2015 年 8 月建成开放以来,已成为长江三角洲区域知名的游乐区域,每年接待游客超过百万人次(图6)。



照片摄于 2019 年

图 6 碧海银沙海滩

Fig.6 Bihai Silver sand beach

启东嘴地处长江口北岸,受潮汐、暴风浪影响较大。由于碧海银沙项目建设时建立了完善的海滩生态环境、围堰堤坝和海水净化控制系统,使得附近海域与外部黄海海域隔绝,形成了相对独立的海洋生态,多年来并未因附近海域潮汐和风暴潮而发生较大的运营事故。笔者在沙滩上边缘发现了泥沙穿刺的现象(图7),这主要是后期人工抛沙量不足,或者防泥网无法有效隔离海中泥沙进入沙滩,同时也预示着可能存在沙滩泥化、泥层下陷的问题<sup>[9]</sup>,故还应加强海滩的后期维护。



图 7 沙滩边缘土工布和原潮滩泥沙穿刺现象  
Fig.7 Geotextile and sediment penetration on the tidal flat at the beach edge

## 4 讨论

在粉砂淤泥质海岸抛沙建滩(又称人造沙滩), 从而建立砂质海滩的方式属于跳相养滩。粉砂淤泥质海岸面临着底质太细, 易受到潮汐波浪产生的悬浮和位移、风暴潮和高含沙量海水的影响以及沙滩下陷产生泥化现象等问题。目前我国已有多个海滩养护工程的成果案例, 如上海金山人造沙滩、天津东疆人造沙滩<sup>[10]</sup>和潍坊央子人造沙滩<sup>[11]</sup>。综合不同区域的几个工程的成功经验, 人造沙滩的关键技术应是围堰防波堤、泥沙隔板、防泥网的建设。启东碧海银沙滩是在上海金山人造沙滩的建设

模式基础上, 结合当地的工程地质条件建设的, 在金山沙滩建设模式基础上做出了很大的改进。

### 4.1 封闭式围堰

目前国内的较为成熟的围堰模式主要有 3 种: 上海金山城市沙滩的封闭式围堰、天津东疆浴场半封闭式弧形围堰和潍坊央子人造沙滩鱼尾式丁坝群模式(图 8)。根据后期使用的效果看, 天津东疆和潍坊央子均使用与海域连通的开口型围堰模式, 虽能提供抵挡强浪侵蚀的作用, 却因与外海相连, 难以隔离泥沙, 无法完全阻止风暴潮期间沙滩质量下降。泥沙不能沉降而被带到海岸沉积, 极易造成新滩泥化, 因此, 需要进行泥沙隔板的建设, 并进行长期的人工维护。天津东疆浴场附近海域含沙量高达  $0.06\sim 0.18\text{ kg/m}^3$ , 抛沙  $20\text{ 万 m}^3$  后仍存在泥化下陷等情况。因此, 在 2 种围堰模式中, 面对高含沙量海水的潮滩, 封闭式围堰可以在更大程度上解决新沙滩泥化问题。上海金山使用封闭式围堰虽然能很好的保护内部海域, 但是围堰内的海域净化主要依赖进出水口的控制, 每  $7\sim 10\text{ d}$  换水 1 次, 后期维护成本极高。碧海银沙滩围海面积是上海金山沙滩的几倍, 仅仅依靠进出水口的控制远远无法完成海水的净化处理, 因此, 根据上海金山沙滩的经验及教训, 碧海银沙滩项目在封闭式围堰的技术上又加入“吹沙净水”技术, 解决了后期维护的问题。



a) 上海金山封闭式围堰; b) 天津东疆半封闭式弧形围堰; c) 潍坊央子的鱼尾式丁坝群

图 8 人造沙滩围堰工程<sup>[10]</sup>

Fig.8 The cofferdam of artificial beach<sup>[10]</sup>

综上, 碧海银沙滩封闭式围堰在海水净化的过程中, 首先使用“吹沙净水”, 让水中的泥沙实现自然沉降, 并将沉降后的泥沙聚集并吹入外海, 将围堰内海域保持为蓝色; 在此基础之上, 再与围堰区域内养殖藻类及各种水生生物相结合, 将围堰内形成一个小型的生态系统, 使内部海域可以实现自我控制, 实现区域内环境的动态平衡, 这样就可以在不

动用大量人工的情况下保证围堰内的海域清洁。

吹沙净水技术的使用使得启东市碧海银沙滩项目在海域净化方面取得了比上海金山沙滩更优秀的效果, 这是因为吹沙净水技术不仅仅使海水自然沉降, 而且在此基础之上加入了生物活动的控制, 这样做还产生了以下优势: ①增加了海域的利用率。碧海银沙滩项目相比于金山, 对围堰内海域实现了充

分的利用,不仅使海水自然沉降,还种植海藻加入了生物控制,充分利用了游客活动以外的区域。②减少了进出水口压力。上海金山沙滩的净化完全依靠进出水口的控制,对设施的压力十分巨大,而改善后的碧海银沙项目,区域内的水大多由内部生态系统自行控制并净化,只需做好整体的调整,便可保证围堰内的清洁,省时省力。

#### 4.2 泥沙隔板

泥沙隔板是淤泥质海岸改造过程中非常重要的一环,其放置在沙层和下伏泥层之间,用以隔离两层,防止泥、沙层之间发生滑动、不均匀沉降、下伏泥层穿刺到上覆沙层等问题。

目前我国的人造沙滩工程建设利用的泥沙隔板主要是以格栅和土工布的组合为主。其中受到海洋泥沙侵蚀较重的天津和潍坊2处人造沙滩分别使用的竹筏-土工布隔板和塑料格栅-土工布隔板2种模式。根据多年以来2种隔离类型使用的情况来看,2种方式均有一定的保护效果,整体上可以消除原淤泥质海岸带来的不利影响,在数年内保证海滩工程的稳定。

碧海银沙项目由于使用了稳定性较好的封闭式围堰,且相对其他沙滩改造工程,该地区粉砂淤泥质海岸类型呈现出部分砂质海岸的特征,因此,可以直接利用土工布将淤泥海岸和上覆沙层隔离。土工布是人工沙滩建设的常用材料,将其覆盖在有水流冲刷处,既能削减冲击能量,又可利用土工织物的反滤作用,使覆盖面下的土粒不被水流冲走。土工布用于建造泥沙隔板时,可将其按一定的距离一层层地平行铺设于泥质海岸上,可起到加固和防止滑动的作用。采用土工布保护海岸时,土工布可阻止淤泥质海岸与水流直接接触,减少其受水流的冲刷侵蚀,同时土工布所具有的孔隙可让多余的水分流走而保持沙滩的工程地质强度,并使下方淤泥质海岸不会失水固化。土工布施工简单方便,特别适用于这种大面积使用并会受波浪冲击的人工沙滩建设<sup>[12]</sup>。根据实际使用的效果来看,封闭式围堰的确可以在一定程度上减少海滩对于泥沙隔板的依赖性,而土工布也能使该区域沙滩依然保持较高的稳定性。

#### 4.3 防泥网建设

人造沙滩是以粉砂淤泥质海岸为基础建立的,淤泥滩极易下陷,因此,为防止游客误入低潮线

以下较远的淤泥区,出现不应发生的安全事故,适当的防护措施是十分必要的。在多个人造沙滩工程中建立的防泥网基本可以分成2种:固定式防泥网和活动式防泥网。上海城市沙滩建立的固定防泥网较为坚固,虽常年无人看管,但是建立多年基本没有损坏,可以保证游客安全。除上海以外其他3个人工海滩均设立的活动式漂浮网,夏季旅游旺季挂起,冬季淡季收回,可以保证绝大多数情况下游客的安全问题,而启东市碧海银沙更进一步,在浅海区设立瞭望塔做为防泥网设置的支点,在设施防护的基础上进行人工保护,加大对游客游玩安全的保护。

## 5 结论

启东恒大海上海威尼斯碧海银沙在上海等地已有的建设经验基础上,应用并发展形成了更加成熟的围海成湖、吹沙净水、泥沙隔板及防泥网建设等改造体系,已经成为我国最大的封闭性淤泥质海岸人造沙滩,海岸线和围海面积均为上海金山城市沙滩的数倍,是我国人造沙滩建设中的非常值得学习的案例。

碧海银沙项目的成功主要是借鉴于已有成功项目中的3大技术要点:

(1) 封闭式围堰可以使内部的海域无视外部海域复杂多变的海洋环境,利用围堰削浪护沙,使内部形成相对独立的生态体系,可以有效地维护沙滩稳定。“吹沙净水”技术与围堰内生态相结合使围堰内水体含沙量远小于外部海水,防止泥沙入侵蚀的同时增加了其作为旅游设施的游玩体验。

(2) 利用土工布作为泥沙隔板隔离下伏淤泥质基底和上覆海南白沙沙滩,保证沙滩地区的工程地质条件相对稳定,使沙滩成为可以供游客安全场所。后期应加强人工维护,避免出现下伏淤泥向上穿刺的现象。

(3) 利用瞭望塔做为支点设立活动式防泥网,并搭配摩托艇巡航看护,形成人工和设施的双重保险,在旅游旺季最大限度的保证了游客的生命安全。

#### 参考文献:

- [1] 雷刚,刘根,蔡锋.厦门岛会展中心海滩养护及其对我国海岸防护的启示[J].应用海洋学学报,2013,32(3):305-315.
- [2] 庄振业,王永红,包敏,等.海滩养护过程和工程技术[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2009,39(5):1019-1024.

- [3] CAMPBELL T J, BENEDET L. Beach Nourishment Magnitudes and Trends in the US[J]. *Journal of Coastal Research*, 2006, 22(2): 57-64.
- [4] HANSON H, BRAMPTON A, CAPOBIANCO M, et al. Beach nourishment projects, practices, and objectives: a European overview[J]. *Coastal Engineering*, 2002, 47(2): 81-111.
- [5] 刘锡清. 中国海洋环境地质学[M]. 北京: 海洋出版社, 2006.
- [6] 胡凤彬, 张静怡, 程莉, 等. 长江口北支河床演变分析及航道整治设想[M]. 南京: 河海大学出版社, 2006.
- [7] 王江南. 江苏启东碧海金沙围堤工程海域水文泥沙环境特征分析[J]. *水利科技与经济*, 2019, 25(5): 1-9.
- [8] 沈文. 来恒大海上海威尼斯定制“鲜氧”生活[J]. *中国房地产金融*, 2015(10): 66-67.
- [9] SPIELMANN K, CERTAIN R, ASTRUC D, et al. Analysis of submerged bar nourishment strategies in a wave-dominated environment using a 2DV process-based model[J]. *Coastal Engineering*, 2011, 58: 767-778.
- [10] 庄振业, 刘修锦, 邱若峰, 等. 泥岸养滩技术与效益评估: 以天津东疆浴场建设和评估为例[J]. *海洋地质前沿*, 2016, 32(4): 51-57.
- [11] 周军, 庄振业, 李建华, 等. 潮滩上的人造沙滩: 潍坊滨海旅游区沙滩构建始末[J]. *海洋地质前沿*, 2014, 30(3): 64-70.
- [12] 赵耀明. 土工布的性能及其应用推广[J]. *合成纤维工业*, 1999(1): 29-31.

## ENGINEERING EVALUATION OF THE ARTIFICIAL BEACH ON MUDDY COAST: A CASE FROM BIHAI SILVER SAND BEACH OF QIDONG

TENG Yuchen<sup>1</sup>, LIU Shuang<sup>1</sup>, ZHUANG Zhenye<sup>1</sup>, CAO Lihua<sup>1\*</sup>, ZHANG Yonghua<sup>2</sup>

(1 College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, China;

2 National Marine Environment Testing Center, Dalian 116023, China)

**Abstract:** The Qidong City is located on the north side of the North Branch of the Yangtze River Estuary near the Qidongzui. It is a typical silty and muddy coast. Under the joint influence of the Yangtze River current, sea storm surge and tidal current, the geological background of the coast is rather complex. It is dominated by an intertidal zone and a related underwater delta resulted from the interaction of land and sea. Its geological conditions are in fact not favored to the development of beach tourism projects. Since the construction of the artificial sand beach on the mud bank started in 2011, the Evergrande Sea Venice Bihai Silver sand beach project has been successfully completed with a sea enclosure of 7.23 km<sup>2</sup>, and a beach length of 3.5 km by damming and sand filtering. In fact, prior to the successful construction of the project, several man-made beaches had been built in China, such as the Jinshan City beach in Shanghai, the Dongjiang bathing beach in Tianjin, and the Yangzi man-made beach in Weifang. Based on the successful experiences in previous projects, combined with its geological conditions, we carefully summarized the Qidong case for a set of engineering and technical guidelines suitable for its own, such as making the sea a lake, blowing sand for water purification, construction of sediment barrier and mud prevention net and so on, which provide good references for similar projects in other places.

**Key words:** silty and muddy coast; artificial beach; sand blowing and water purification; closed cofferdam; mud net