

# 北戴河中直六、九浴场养滩工程效果分析与预测

匡翠萍<sup>1</sup>, 潘毅<sup>1</sup>, 张宇<sup>1</sup>, 杨燕雄<sup>2</sup>

(1. 同济大学 土木工程学院, 上海 200092; 2. 河北省地矿局秦皇岛矿产水文工程地质大队, 河北 秦皇岛 066003)

**摘要:** 为解决北戴河中直六、九浴场 2008 年暑期的使用问题, 采取人工养滩配合离岸潜堤的方法进行海滩的恢复和保护。采用 GENESIS 模型对工程进行了模拟, 得到了与已有的实测岸线符合较好的模拟结果; 使用同样的参数设置对工程的长期效果进行了模拟, 模拟结果显示: 在不进行后续补沙及工程的情况下, 浴场只能维持 2~3 年的使用, 故建议适时对浴场较大侵蚀处进行补沙以维持近年使用并尽快进行整个西海滩的综合治理。

**关键词:** 海滩养护; GENESIS 模型; 北戴河西海滩; 岸线演变

**中图分类号:** TV 148+.5

**文献标识码:** A

## Performance Analysis and Prediction of Beach Nourishment Project in Zhongzhi 6th and 9th Bathing Places in Beidaihe

KUANG Cuiping<sup>1</sup>, PAN Yi<sup>1</sup>, ZHANG Yu<sup>1</sup>, YANG Yanxiong<sup>2</sup>

(1. School of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Qinhuangdao Mineral Resource and Hydrogeological Brigade, Hebei Geological Prospecting Bureau, Qinhuangdao 066003, China)

**Abstract:** In order to meet the using demand of Zhongzhi 6th and 9th bathing places in 2008's summer, a project of beach nourishment with submerged breakwater was carried out by Qinhuangdao Mineral Resource and Hydrogeological Brigade, Hebei Geological Prospecting Bureau. The beach nourishment project was modeled by using GENESIS model, and a result fitted well with the measured shoreline was obtained. With the same model and parameters, long-term performance of the project is simulated, and the result shows that without follow-up nourishment and project, the bathing places can keep suitable for bathing for only 2~3 years. Therefore the beach nourishment project is proposed to carry out for west beach as soon as possible.

**Key words:** beach nourishment; GENESIS model; west beach in Beidaihe; shoreline change

北戴河海滨地处河北省秦皇岛市中心的西部, 海岸蜿蜒, 沙软潮平<sup>[1]</sup>。在东起鸽子窝, 西到戴河口的绵长海岸线上, 分布着众多海滨浴场。目前, 由于各方面的原因<sup>[2-4]</sup>, 各浴场海滩遭受侵蚀, 尤其是地处西海滩的中直六浴场、九浴场, 侵蚀严重, 基岩出露, 已经丧失浴场功能<sup>[5]</sup>。为解决最近几年尤其是 2008 年中直六浴场、九浴场的使用问题, 恢复浴场功能, 研究并实施了中直六、九浴场养滩工程, 参考国内外养滩工程实例<sup>[6-12]</sup>, 采取人工养滩配合离岸潜堤的方法进行海滩的恢复和保护<sup>[13]</sup>。

## 1 工程概述

中直六、九浴场位于秦皇岛市北戴河区西海滩靠东的位置(图 1)。工程前, 浴场海滩已几乎侵蚀殆尽, 涨潮时海水直冲浴场更衣室。

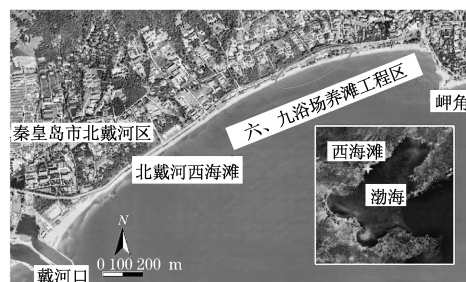


图 1 养滩工程区位置

Fig. 1 Beach nourishment project area

工程首先对中直六、九浴场海滩进行补沙(补沙区域见图 2), 恢复至大于 30 m 宽的海滩, 同时将滩肩填高至 2 m 左右, 去除或掩埋出露的基岩; 之后在

收稿日期: 2009-03-02

基金项目: 河北省国土资源厅科研计划资助项目(HEBEIGT 2006ZT, HEBEIGT 2008 2903); 国家海洋局海洋公益性行业科研专项资助项目(2009008-05)

作者简介: 匡翠萍(1966—), 女, 教授, 博士生导师, 工学博士, 主要研究方向为河口海岸工程. E-mail: cpkuang@tongji.edu.cn

六浴场向海 350m 处构筑离岸潜堤;在施工过程中及完工后,对海滩剖面进行实时监测并记录数据以供今后研究之用<sup>[13]</sup>.

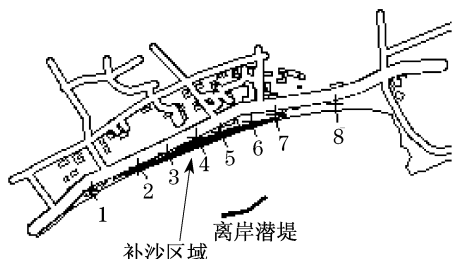


图2 补沙区域、离岸潜堤和监测剖面

Fig.2 Sand-filled area, submerged breakwater and monitored profiles

中直六、九浴场养滩工程的目的主要包括以下两点:一是通过对该段海滩的治理,解决 2008 年暑期浴场的使用问题,为西海滩的综合治理赢得时间;二是进行现场水力模型试验,采集水动力环境变化及地貌演变数据,为整个西海滩养护工程的实施提供设计参数和借鉴经验<sup>[14]</sup>.

## 2 资料分析

### 2.1 地形资料

工程区域的地形资料来自河北省地矿局秦皇岛矿产水文工程地质大队的测量,工程后地形如图 3. 图中最深处为 7.0 m 水深,距岸约 2.2 km;图中岸段长度约为 1.4 km;图中黑点为测深数据点,为测深仪测得.从图中可看出,该海域坡度东侧略大于西侧,且在近岸处可看到一条明显的沙坝.

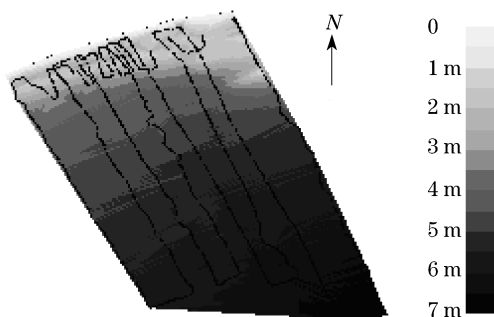


图3 工程区域近海地形

Fig.3 Nearshore bathymetry of engineering area

### 2.2 波浪资料

波浪资料取自秦皇岛海洋监测站的 2002, 2005, 2006 这 3 年的资料,有效波高频率玫瑰图见图 4. 从

3 年实测波浪资料分析, S 向波浪出现的频率最高, 为 16.1%; E 向次之, 为 10.4%. 有效波高小于 1.0 m 的波浪占波浪总数的 96.3%, 仍是 S 向波浪出现的频率最高, E 向次之, 分别占本区间波浪的 15.4% 和 10.0%. 有效波高 1.0~1.5 m 的波浪占波浪总数的 3.1%, NE, ENE, E 3 个方向为主要浪向, 分别占本区间波浪的 15.1%, 15.9% 和 11.1%, 另外南向也是一个主要浪向, 占本区间波浪的 15.1%. 有效波高大于 1.5 m 的波浪占波浪总数的 0.6%, 波浪主要集中在 N~E 方向区间内. 综上所述, 常浪向为 S 向, 强浪向为 ENE 向.

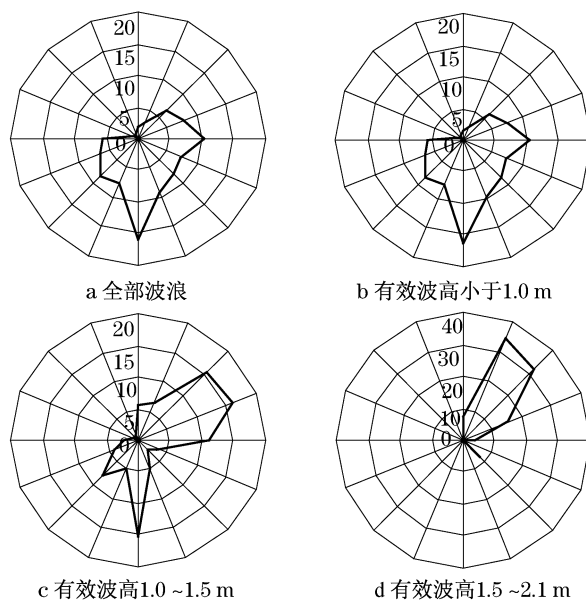


图4 波向频率玫瑰图(单位: %)

Fig.4 Rose diagrams of wave direction (unit: %)

## 3 工程效果

工程于 2008 年 5 月 2 日正式开工, 至 2008 年 6 月 12 日完成, 历时 42d. 工程突出了“应急”二字, 在较短的时间内实现了海滩浴场功能的恢复, 解决了中直六、九浴场 2008 暑期的使用问题<sup>[14]</sup>.

### 3.1 工程前后海滩面貌比较

如图 5 所示, 原本非常狭窄的海滩现已有一定宽度, 足够戏水休憩所用, 浴场功能得到了恢复; 原本遭受海水直接冲刷的建筑物现已受到海滩的保护, 阻止了更大的损失<sup>[14]</sup>.

### 3.2 监测剖面的测量

图 6 给出各剖面近岸的监测数据, 其中剖面 2~6 的测量包含了工程之前 (2008-04-21) 的海滩剖

面形状.从图中可以看出,各剖面有侵有淤,但监测期间的侵淤量跟工程填砂量(即2008-06-11与2008-04-21的岸线差值)相比较都不大,工程填砂大部分都得到了保留;整个冬季(2008-11-22~

2009-02-11)期间的剖面变化非常小.

北戴河海滩的平均潮位为0.87 m(如图6中水平线所示),由0.87 m的高程来确定各剖面处各时期的岸线位置(图7).从图7可以看出,自完工后工程



图5 工程前后海滩面貌的比较

Fig.5 Comparison of the beach before and after the nourishment

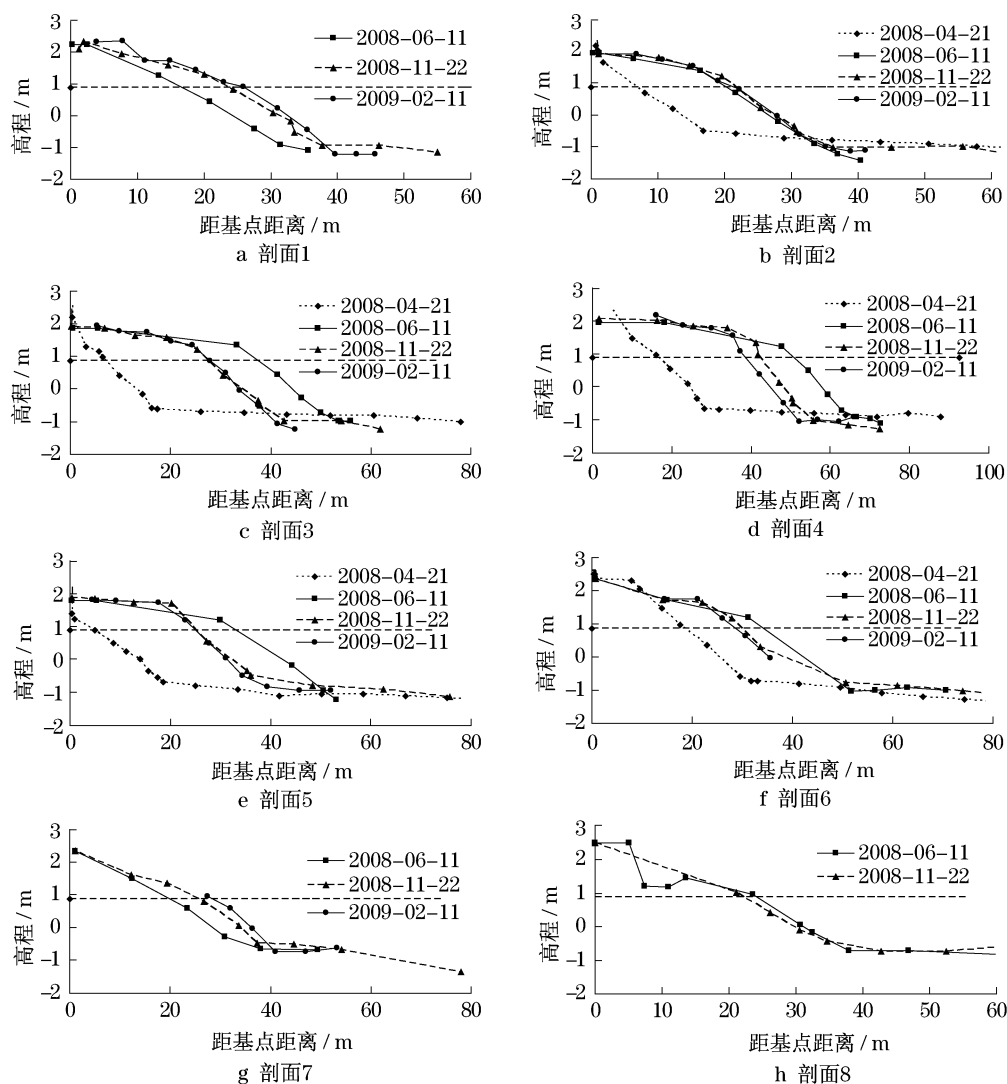


图6 各剖面地形监测数据

Fig.6 Measured elevations of beach cross-sections

岸段的中间部分即开始遭受侵蚀,半年后最大侵蚀量为 10 m,但仍保持了超过 20 m 的海滩;整个冬季因风浪很小,岸线的变化并不明显;岸段两端略有淤积,但中间部分的侵蚀量大于两端的淤积量.该过程可以看作一个岸线恢复自然的过程,与此同时填砂还是有一部分从工程区域流失掉.

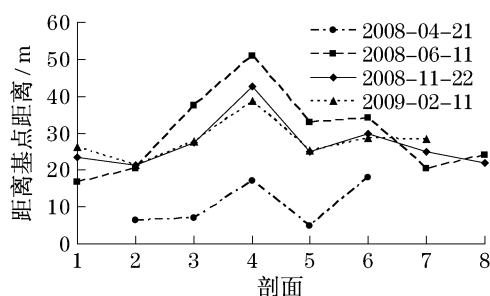


图7 应急工程后各时期的岸线位置

Fig.7 Shoreline positions at different time after emergency project

## 4 工程的数值模拟

### 4.1 数值模型的介绍

GENESIS<sup>[15]</sup>模型是基于一线模型所开发的模拟海岸长期变化的模型,在国际上已广泛地应用于预测岸线的长期演变及岸线对海岸建筑物和人工养滩的响应等<sup>[16-18]</sup>.近年来美国密西西比州的 Veri-Tech 公司将 GENESIS 模型整合入 CEDAS (Coastal Engineering Design and Analysis System) 软件内. GENESIS 附于 CEDAS 系统内用于研究海岸的 NEMOS 子系统下,与 NEMOS 下的用来处理波浪的 WWWL Editor (Wave, Wind & Water Level Editor), SPEC GEN (SPECtral GENeration), STWAVE 等模块搭配使用.

### 4.2 模型的建立

模拟区域计算网格的  $x$  轴大致垂直岸线方向(与正北方向夹角  $328^\circ$ ),长度为 3 200 m(海侧取 7 m 水深左右); $y$  轴与之垂直,长度为 3 500 m(包括了整个西海滩在内);网格间距为 20 m.滩肩高度取设计滩肩高度 2 m,封闭水深根据之前学者对该地区的研究取 7 m<sup>[19]</sup>, $K_1, K_2$ 按砂质海岸的经验值<sup>[20]</sup>,取  $K_1 = 2K_2 = 0.77$ ,其中, $K_1, K_2$ 为可调节的 2 个经验参数,可根据模拟结果进行调整.中值粒径综合考虑补沙粒径和本地砂粒径取 0.4 mm,时间步长取 3 h.近岸沙坝使得波浪在未达岸边时提前发生浅化、折射等现象,起到了

离岸潜堤的作用,在数值模型中当作离岸潜堤处理,其透射系数根据堤顶高程取 0.5~0.6.据各剖面的测量数据绘出沙坝位置如图 8.

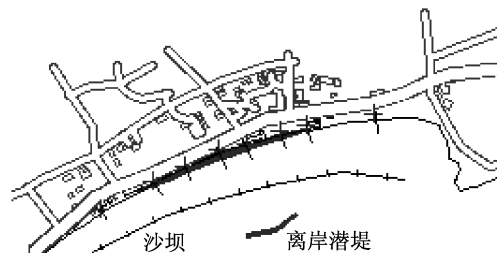


图8 沙坝位置示意图

Fig.8 Position of the sand bar

### 4.3 模拟结果的验证

对有实测剖面资料的工程完工后半年期间的岸线演变进行模拟,由于缺乏 2008 年实测波浪资料,分别使用 2002,2005 和 2006 年同期的资料进行模拟,岸线侵蚀模拟结果如图 9.岸线侵蚀量由工程完工半年后岸线位置减去工程完工时的岸线位置得到(淤积为正、侵蚀为负),可以看出岸线的发展趋势(图 9):中间段有 10 m 左右的侵蚀,两端稍有淤积.

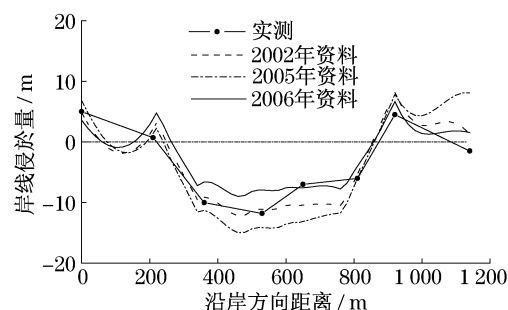


图9 分别用3年不同的波浪资料模拟的工程后半年的岸线侵蚀量

Fig.9 Shoreline changes in six months after the project computed with the wave data collected in 3 different years

从模拟结果来看,用 2002,2005 和 2006 年资料模拟得到的岸线的发展趋势与实测岸线都是一致的:中间段侵蚀、两端略有淤积.3 年资料的岸线变化模拟结果因 3 年的波浪大小不同而不同,但从总体上看,模拟结果还是较好地反映出了岸线的变化趋势.其中用 2006 年波浪资料计算所得结果与实测岸线最为接近.用 2006 年资料模拟岸线与各时段实测岸线侵蚀变化比较见图 10.

图 10 中所示工程后各时段岸线变化的数值模

拟结果与实测岸线能够较好地符合,这种模拟岸线与实测资料的较好符合证明了 GENESIS 模型可以较合理地模拟出该区域的岸线变化,证明了数学模型的可靠性和工程的可行性,并为整个西海滩的养护工程提供了设计参数的参考。

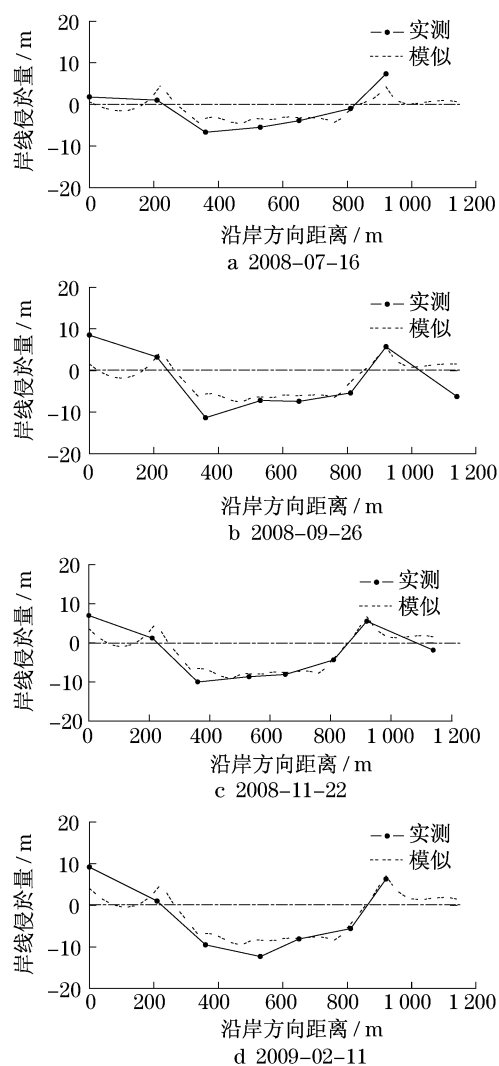


图 10 各时段的模拟岸线与实测岸线侵蚀比较

Fig.10 Comparison of computed and measured shoreline changes in the days after project

#### 4.4 岸线发展趋势预测

使用 2006 年的波浪资料对应急工程后 3 年内的岸线演变进行模拟,在更衣室后海墙处设置海墙。模拟结果的岸线变化量如图 11。岸线侵蚀量由各时刻岸线坐标减去工程刚完工时岸线坐标得到。为了便于比较,将工程前岸线和预设的海墙与完工后不用阶段岸线的侵蚀量一同绘于图上。

从图 11 可以看出,虽然工程后半年时最大侵蚀量只有 10 m 左右(与实测资料一致),但是工程 2 年

后岸线侵蚀最严重的地方已经侵蚀到养滩前岸线处,而工程 3 年后补沙区中间一段海滩的填沙已完全被侵蚀掉,该处海滩又回到工程前的面貌。所以,若不进行后续补沙,浴场只能勉强维持 2~3 年的使用。根据之前对整个西海滩养护工程可行性与工程效果的论证<sup>[21-22]</sup>,通过人工养滩结合硬体工程的方式对西海滩进行整体治理能够在整个西海滩范围内取得较好的保护海滩效果,故在适时对浴场补沙以维持使用的前提下尽快进行西海滩的综合治理工程是可行的且必要的。

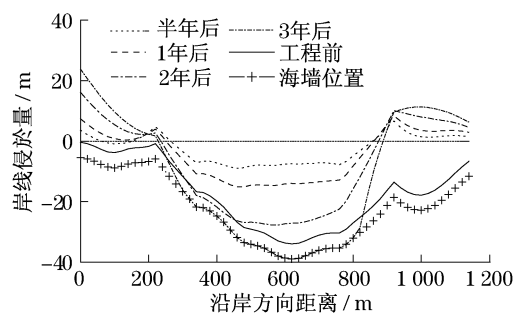


图 11 工程后 3 年内的岸线侵蚀量预测

Fig.11 Prediction of the shoreline changes in different periods within 3 years after project

## 5 结语

(1) 北戴河西海滩中直六、九浴场养滩工程突出了“应急”二字,在较短的时间内实现了海滩浴场功能的恢复,解决了中直六、九浴场 2008 暑期的使用问题。

(2) 仅靠中直六、九浴场的养滩工程,浴场只能勉强维持 2~3 年的使用,可对浴场进行适时的补沙的方式来维持浴场的更长时期的使用。

(3) 应对整个西海滩实施综合治理,以形成稳定平衡的海滩岸线。

#### 参考文献:

- [1] 王素兰,王丽英.秦皇岛北戴河风景区开发设想[J].同济大学学报:社会科学版,1994(S1):40.  
WANG Sulan, WANG Liying. Development tentative plan of Beidaihe scenic spot in Qinhuangdao [J]. Journal of Tongji University: Social Science Section, 1994(S1):40.
- [2] 卢玉东,孙建中.秦皇岛地区海岸侵蚀与淤积因素分析[J].海洋地质与第四纪地质,1997,17(4):101.  
LU Yudong, SUN Jianzhong. Analysis of factors of coastal erosion and silting in Qinhuangdao region [J]. Marine Geology &

- Quaternary Geology, 1997, 17(4): 101.
- [3] 杨燕雄, 贺鹏起, 谢亚琼, 等. 秦皇岛海岸侵蚀研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1994, 5(S1): 166.  
YANG Yanxiong, HE Pengqi, XIE Yaqiong, et al. Study on beach erosion in Qinhuangdao[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 1994, 5(S1): 166.
- [4] 张立海, 刘凤民, 刘海青, 等. 秦皇岛地区海岸侵蚀及主要原因[J]. 地质力学学报, 2006, 12(2): 61.  
ZHANG Lihai, LIU Fengmin, LIU Haiqing, et al. Coastal erosion and its main cause in the Qinhuangdao area[J]. Journal of Geomechanics, 2006, 12(2): 61.
- [5] 河北省地矿局秦皇岛矿产水文工程地质大队. 北戴河西海滩恢复治理工程可行性研究报告[R]. 秦皇岛: 河北省地矿局, 2007.  
Qinhuangdao Mineral Resource and Hydrogeological Brigade of Hebei Geological Prospecting Bureau. Feasibility study report on improvement and restoration project of west beach in Beidaihe [R]. Qinhuangdao: Hebei Geological Prospecting Bureau, 2007.
- [6] 宋向群, 郭士坚, 陈士荫. 星海湾人工海滨浴场的规划设计研究[J]. 土木工程学报, 2005, 38(4): 135.  
SONG Xiangqun, GUO Zijian, CHEN Shiyin. The planning and design of artificial beach in the Xinghai Bay[J]. China Civil Engineering Journal, 2005, 38(4): 135.
- [7] 陈建中, 吴南靖, 朱志诚. 安平港人工养滩前后之地形变化探讨[J]. 中华技术, 2006, 70: 50.  
CHEN Jianzhong, WU Nanjing, ZHU Zhicheng. Discussion on shoreline change after beach nourishment project of Anping bay [J]. China Technology, 2006, 70: 50.
- [8] 季小梅, 张永战, 朱大奎. 三亚海岸演变与人工海滩设计研究[J]. 第四纪研究, 2007, 27(5): 853.  
JI Xiaomei, ZHANG Yongzhan, ZHU Dakui. Evolution of Sanya coast and artificial beach design[J]. Quaternary Sciences, 2007, 27(5): 853.
- [9] 陈坚, 蔡锋, 许江, 等. 厦门岛东北部海滩回填重塑研究[J]. 台湾海峡, 2002, 21(2): 243.  
CHEN Jian, CAI Feng, XU Jiang, et al. Study on beach filling and reconstruction on northeast coast of Xiamen Island[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2002, 21(2): 243.
- [10] 张振克. 美国东海岸海滩养护工程对中国砂质海滩旅游资源开发与保护的启示[J]. 海洋地质动态, 2002, 18(3): 23.  
ZHANG Zhenke. Discussions on development and protection of touring resources of China's sandy beaches from beach nourishment engineering done for American east coast [J]. Marine Geology Letters, 2002, 18(3): 23.
- [11] Hanson H, Brampton A, Capobianco M, et al. Beach nourishment projects, practices, and objectives — an European overview [J]. Coastal Engineering, 2002, 47: 81.
- [12] Todd L Walton Jr, Cheng Jenny, Wang Robert, et al. Modeling of three beach fill projects [J]. Ocean Engineering, 2005, 32: 557.
- [13] 河北省地矿局秦皇岛矿产水文工程地质大队. 北戴河西海滩六、九浴场应急治理工程设计书[R]. 秦皇岛: 河北省地矿局, 2008.  
Qinhuangdao Mineral Resource and Hydrogeological Brigade of Hebei Geological Prospecting Bureau. Design of improvement emergency project in Zhongzhi 6th and 9th bathing places in west beach of Beidaihe [R]. Qinhuangdao: Hebei Geological Prospecting Bureau, 2008.
- [14] 河北省地矿局秦皇岛矿产水文工程地质大队. 北戴河西海滩六、九浴场应急治理工程竣工报告[R]. 秦皇岛: 河北省地矿局, 2008.  
Qinhuangdao Mineral Resource and Hydrogeological Brigade of Hebei Geological Prospecting Bureau. Completion acceptance report of improvement emergency project in Zhongzhi 6th and 9th bathing places in west beach of Beidaihe [R]. Qinhuangdao: Hebei Geological Prospecting Bureau, 2008.
- [15] Hanson H, Kraus N C. GENESIS: Generalized model for simulating shoreline change[R]. Washington D C: Department of the Army US Army Corps of Engineers, 1989.
- [16] Young R S, Pilkey O H, Bush D M, et al. A discussion of the generalized-model for simulating shoreline change (GENESIS) [J]. Journal of Coastal Research, 1995, 11(3): 875.
- [17] Pilkey O H. A discussion of the generalized model for simulating shoreline change (GENESIS) [J]. Journal of Coastal Research, 1996, 12(4): 1044.
- [18] Bodge K R. A discussion of the generalized model for simulating shoreline change (GENESIS) [J]. Journal of Coastal Research, 1997, 13(3): 953.
- [19] 王颖. 秦皇岛海岸研究[M]. 南京: 南京大学出版社, 1988.  
WANG Ying. Coastal research of Qinhuangdao [M]. Nanjing: Nanjing University Press, 1988.
- [20] U S Army Coastal Engineering Research Center. Shore protection manual [M]. Vicksburg: Department of the army waterways experiment station, corps of engineers, 1984.
- [21] 潘毅, 匡翠萍, 杨燕雄, 等. 北戴河西海滩养护工程方案研究[J]. 水运工程, 2008, 417(7): 23.  
PAN Yi, KUANG Cuiping, YANG Yanxiong, et al. Primary numerical study on beach nourishment scheme of west beach in Beidaihe [J]. Port & Waterway Engineering, 2008, 417(7): 23.
- [22] 张宇, 刘曙光, 匡翠萍, 等. 北戴河西海滩养护工程海域潮流场数值研究[J]. 水运工程, 2008, 417(7): 7.  
ZHANG Yu, LIU Shuguang, KUANG Cuiping, et al. Numerical stimulation of flow field in west beach of Beidaihe [J]. Port & Waterway Engineering, 2008, 417(7): 7.