

北戴河海滩养护中的原滩环境调查

邱若峰¹, 杨燕雄¹, 庄振业², 苏大鹏³, 刘建涛¹

(1 河北省地矿局秦皇岛矿产水文工程地质大队, 河北秦皇岛 066001;

2 中国海洋大学海洋地球科学学院, 青岛 266100; 3 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071)

摘要:从海岸演变、沉积过程、动力条件、泥沙运移等多角度阐述了北戴河海滩养护区域自然环境条件。北戴河海岸属于岬湾沙质海岸, 具备岬湾养滩的天然条件, 发育多条断续分布的水下沙坝, 原滩剖面为侵蚀性剖面; 西海滩蚀退速率 $> 2 \text{ m/a}$, 属于严重侵蚀岸段; 波浪的强浪向 NNE 和 ENE, 常浪向 S, 潮流为 NE—SW 向的往复流, 沿岸泥沙净输沙方向为 NE—SW 向。洋河浅海泥沙中值粒径为 $0.31 \sim 0.58 \text{ mm}$, 物化性质均符合养滩需求, 为理想沙源。通过构建合适的人工岬头和离岸潜堤配合人工养滩可以恢复受蚀的海滩。

关键词:海滩养护; 原滩调查; 北戴河

中图分类号: P737.1

文献标识码: A

海滩养护工程要成功实施, 首先必须进行设计前的调查工作, 了解养护区域面临的形势, 发现问题, 把调查出的结果当作确认海岸侵蚀灾情现状的评估资料, 作为设计施工的依据, 为设计出符合养滩工程区域实际的养护方案奠定基础。海滩养护工程需要经过数值模拟、物理模型试验、现场试验等手段进行研究论证, 其养护历程一般分为调查设计、海滩重建以及再补沙 3 个阶段^[1], 其中, 原滩调查是基础, 能够为海滩养护工程提供翔实可靠的本底资料。北戴河以美丽的沙滩和海景著称于世, 近 10 几年为解决海滩侵蚀退化问题, 有关部门陆续开展了海滩养护工程研究, 以适应滨海旅游发展需求。本文以北戴河海滩养护工程为例, 介绍了海滩养护工程中原滩调查的内容, 希望为系统地规划、设计、实施相关的海滩养护工作提供实践经验。

1 原滩调查内容框架

海滩养护工程是个系统工程, 既包括人工补沙等软工程, 又包括离岸潜堤、人工岬头等辅助的硬构建, 具有复杂性与多面性。海滩养滩工程既要合乎海岸工程学的原理, 也要符合海岸水动力学、海洋地质学以及海洋生态学的规律, 以确保养护功效。因此, 在海滩养护工程实施之前必须进行原滩调查, 摸清海滩养护区域工程背景。调查内容包括社会经济概况、海洋功能区划、城乡规划、海滩资源价值等社会经济属性, 以及地质条件、海岸水动力条件、多年本底海岸侵蚀率、泥沙运动特征等自然环境属性, 尤其以后者为调查重点。而且, 在原滩调查过程中既有沿岸泥沙运移规律研究等共性问题, 又存在一些特性问题。譬如北戴河海滩养护沙源并非外购沙, 而主要采用闭合水深外的洋河浅海泥沙, 对沙源质量与开采适宜性作为特性问题需进行详细论证^[2]。

收稿日期: 2012-11-23

基金项目: 国家海洋局海洋公益性行业科研专项 (200905008-05); 河北省科学技术研究与发展计划 (11276709D)

作者简介: 邱若峰 (1980—), 男, 工程师, 主要从事海洋地质环境调查与海滩养护研究工作。E-mail: qrofen@gmail.com

2 近岸地貌与沉积特征

海滩养护工程前唯有全面了解养滩区域地形地貌、沉积物特征,才能有效解决海滩工程布局问题,使设计方案更加合理。北戴河海滩养护规划设计采用人工岬湾养滩法以及人工沙坝的软性防护措施^[3],因此,在原滩调查时把岬湾平面形态、水下沙坝、海滩剖面性质作为重点考量因子进行研究。

2.1 岬湾海岸与沉积特征

北戴河滨海地区以剥蚀台地为主,沿岸多为低缓浑圆的低山,山坡呈缓倾入海。由于受 NWW 向和 NE 向 2 组断裂控制,岸线形态曲折,海岸在偏 E、S 向盛行波浪长期作用下,岸线具有向螺线型形态自我调整的机能,形成了岬湾海岸,岬湾中有沙滩发育。依据海岸走向不同,分为东海滩、中海滩、西海滩 3 部分(图 1)。

图 1 北戴河近岸地貌

Fig. 1 Geomorphology of nearshore Beidaihe

东海滩岸线长约 3.89 km,大体呈 SN 走向,包括鸽子窝鹰角岩—金山嘴岸段,海蚀崖、海蚀穴等海蚀地貌发育,海滩沉积物由岬角的砾石快速过渡为湾顶的粗砂。鸽子窝浴场高、中潮带为砾、沙组成的沙砾滩,分选极差,砾石直径 2~5 cm,最大 10 cm,磨圆较差;浴场向南沙质较粗,为贝壳岩滩,丧失了旅游海滩功能。2000—2001 年对局部岸段进行了试验性的治理,收到不错的效果,浴场亲水性得到改善。

中海滩岸线长约 4.65 km,东起金山嘴西至老虎石断桥码头,岸线形态曲折,走向大体呈 EW

向,局部岸段礁石发育,海滩沉积物成分中多含岩屑,以中粗砂、中细砂、细砂为主,平均粒径 0.88~2.80 Φ ,分选较差,水线附近有 20~50 cm 宽的粗砾带,含贝壳及碎片,滩面坡度 3~9°。北戴河标志性景区老虎石海上公园位于中海滩,地貌形态属于连岛沙坝,受老虎石礁石对 SE 向波浪的消减作用,此处形成相对低能环境,沉积物较细,平均粒径介于 1.85~2.74 Φ ,以中细砂为主。

西海滩岸线长约 3.57 km,位于老虎石断桥码头—戴河口岸段,是典型的砂质弧形海岸,其上岬角是老虎石断桥码头,下岬角为戴河口突堤,海岸为人工护堤,后方为丘陵。西海滩划分为公共浴场和专用浴场 2 部分,是北戴河开发历史最长的海滩。其中东侧平水桥公共浴场是北戴河最繁忙的浴场之一,海滩上部建有旅游设施,由东向西海滩逐渐束窄,高中潮滩有呈条带状的砾石分布,沉积物以中细砂、中粗砂、砾砂为主,平均粒径在 0.62~2.53 Φ 之间。西侧专用浴场海滩较窄(戴河口东浴场除外),干滩宽度不足 10 m,沉积物平均粒径介于 1.82~2.76 Φ ,以中细砂为主,沉积物成分较为复杂,纵向和横向具有明显的差异性和分异性特征,可能是受“暑期”人工扰动的影响。戴河口东浴场,受戴河口突堤对 NE—SW 向泥沙流的拦截影响,滩肩发育,沉积物平均粒径介于 1.07~2.38 Φ ,以中细砂为主,分选较好。

2.2 水下沙坝

近岸海域断续分布单列或多列水下沙坝,沙坝平行海岸展布,位于水深 1~3 m 处,单个沙坝长度 50~100 m,高约 0.6~1.0 m。沙坝剖面形态呈不对称弧状,低潮时坝顶出露海面,顶面平坦,向岸侧陡,坡度 1:7~1:8,向海侧平缓,坡度 1:11~1:14。沙坝沉积物以细砂、中细砂为主,分选较好。

2.3 海滩剖面性质

在海滩养护工程设计时养护海滩的稳定性是首要考虑的问题,这是决定工程成败的关键,海滩剖面形态与海滩稳定性息息相关。自然界海滩剖面形态主要分为侵蚀型、过渡型、堆积型^[4],是波浪、潮流以及风等动力因素和海滩地形相互作用过程的产物,是海滩力图建立物质组成、动力作用

和坡面形态 3 者之间长时段平衡状态的结果^[5], 与其底质、海滩坡度、深水波高波长周期有关。关于海滩剖面形态性质的判断,国内外研究人员依据现场观测数据和实验室试验研究^[6-9],相继提出了海滩剖面形态性质的判别式,服部和川通过实验室资料对 Hattori 和 Kawamoto 的海滩平衡剖面判别式进行了统计分析验证,判别公式^[9]为:

$$C=\frac{(H_0/L_0)\text{tg}\beta}{(\omega_{50}/gT)}$$

(1)

式中: H_0 为深水波高;
 L_0 为深水波长;
 $\text{tg}\beta$ 为原始岸滩坡度;
 ω_{50} 为中值粒径 D_{50} 的颗粒沉速;
 C 为海滩剖面形态判别指数($C>0.5$ 为侵蚀型; $C<0.3$ 为淤积型; $0.3<C<0.5$ 时为过渡型)。

为使原始海滩剖面参数具有工程意义,定义平均高潮线的位置为滩肩外缘线,以此线为标准向陆至海岸线位置(西海滩直立式浆砌护岸的位置)计算原始海滩滩肩宽度。北戴河西海滩剖面特征参数经统计汇于表 1,由表 1 数据分析,西海滩东中部岸段滩肩宽度为 4.65~6.90 m,海滩束窄,西部戴河口突堤东侧浴场海滩剖面形态呈上凸型,是西海滩唯一淤积性岸段,滩肩宽约 50.63 m,依据类比法则,可以作为设计滩肩宽度的重要参考依据。北戴河西海滩中高潮滩坡度较陡,为 1:6~1:13,低潮滩坡度为 1:35~1:184,东西部岸段较为平缓(P2、P18 剖面),中间岸段较陡(P6、P12、P16 剖面)。依据海滩剖面实际测量数据,按照服部和川公式进行判断计算,北戴河西海滩剖面性质判别指数 C 值在 0.86~2.15 之间,

平均值为 1.35,最大值为 2.15,位于西海滩中部,最小值为 0.86,位于东侧平水桥浴场(图 2),说明北戴河西海滩剖面为侵蚀型不稳定剖面。

图 2 北戴河西海滩剖面

Fig. 2 Beach profile of the western Beidaihe beach

3 海岸侵蚀

海岸侵蚀最直观的感觉就是海岸线的后退,从而造成海滩变窄、坡度变陡、沉积物粗化以及滩面下蚀。海滩养护工程实施前需要对原滩蚀退速率进行分析,诊断海岸受损害的程度和修复的可能性。应用地形图和航空卫星照片资料对历史各期海岸线进行叠置建库,结合实地调查访问数据,建立北戴河海岸线变迁数据库(表 2)。由表 2 数据分析可知,自 20 世纪 60 年代以来,北戴河海岸总体上呈后退状态,侵蚀速率约 -2~-3 m/a。东海滩组成岩性多为混合花岗岩,海岸蚀退率低,为基本稳定海岸;中海滩海滩宽约 30~40 m,侵蚀速率为 -1.03~-3.98 m/a;西海滩海滩平均宽度不足 10 m,侵蚀速率为 -2.31~-3.28 m/a。20 世纪 80 年代以后,局部岸段修建砌石护岸,海滩失去向陆发育空间,岸线由后退转为滩面下蚀,礁石出露,沙质海岸基岩化。根据海滩定位观测剖面,由连续多年水准测量数据分析得知,各区段蚀淤情况虽然略有差异,但总体趋势一致,岸线后退,滩面由于受波浪、潮流影响较大,时冲时淤,摆动频繁,海滩斜坡向外的水下岸坡均发生蚀低,单宽侵淤量 -1.34~-7.01 m³/(m·a)。丰爱平等考虑到海岸侵蚀强度分级标准的对比性和统一性,将海岸侵蚀分为微侵蚀、侵蚀、强侵蚀和严重侵蚀等 4 个级别^[10]。参考此分类标准,北戴河海滩特别是西海滩岸线蚀退速率 >2 m/a,属

表 1 北戴河西海滩剖面特征参数

Table 1 Beach profile parameters of the western Beidaihe beach

剖面参数	SW ————— NE				
	P2	P6	P12	P16	P18
滩肩宽度/m	50.63	4.65	5.55	9.68	6.90
滩面坡度	1:9	1:10	1:6	1:11	1:13
低潮滩坡度	1:128	1:86	1:35	1:53	1:184
中值粒径 D_{50}/ϕ	1.73	1.56	1.20	1.81	2.10

于强侵蚀和严重侵蚀。

泥沙的不断补给是海岸稳定的物质基础,入海泥沙减少是引起北戴河海岸侵蚀的主要原因。建国初期在河流上游建坝蓄水,20 世纪 80 年代达到了高潮,拦截了大量泥沙于水库中,即使在丰水期下泄泥沙量也有限,减少了入海泥沙对海岸的补给作用,致使海岸逐渐向侵蚀方向发展,人类在河道、海岸的无节制采沙盗沙行为也加剧了海岸侵蚀的速度。入海河流水利工程减少泥沙补给从而影响海滩的发育,有关学者称其为河流水利工程的海岸效应,而海岸工程则改变沿岸泥沙输移机制和近岸波浪特征,影响海滩的蚀淤过程^[11]。海岸上修建的一系列突出海中的建筑物,其结果是工程上游的海滩因泥沙受阻而淤积,工程下游海滩得不到有效补充而遭受侵蚀。20 世纪 50 年代于老虎石海上公园西侧修建了栈桥旅游码头,码头西侧岸段在一定程度上形成了稳定的人工岬湾,码头于 2002 年拆除,造成原遮蔽段海滩急剧后退,据监测资料显示蚀退速率甚至超过 4 m/a,平水桥浴场东侧海滩消失殆尽,海水直抵滨海步栈道。

表 2 北戴河海滩侵蚀速率
Table 2 Erosion rate of Bedaihe beach

岸段名称	岸线长度/km	起止年代	时段侵淤速率/(m/a)
东海滩	鸽子窝—崖角	3.89	1954—2007
			基本稳定
			1954—1980
			—1.03
			1984—1993
			—2.00
			2002—2007
			—1.98
中海滩			1954—1980
			+0.24
			1980—1987
			—2.2
			1987—1993
			—3.93
			2002—2007
			—3.08
			1954—1980
			—2.31
			1980—1987
西海滩	栈桥—戴河口	3.57	—2.94
			1987—1993
			—3.07
			2002—2007
			—3.28

注:“—”代表侵蚀,“+”代表淤积

4 水动力特征及泥沙运移规律

4.1 水动力特征

波浪、潮汐、海流在塑造海岸地貌过程中发挥

重要作用。秦皇岛验潮站位于秦皇岛港,距离北戴河海滩养护区 19 km,秦皇岛验潮站数据可以 作为海滩养护工程施工依据,由多年潮汐观测资料进行的潮汐调和分析得知,工程海域潮型判别 指标: $(H_{K1}+H_{O1})/H_{M2}=4.56$,属于规则的日潮 潮型;在北戴河渔码头设立临时验潮站,进行了短 期的潮位观测,并将该系列数据与秦皇岛海洋站 数据进行相关分析,平均潮位具有冬低夏高的特 点,平均潮差为 0.5 m,设置离岸潜堤成为可能, 大小潮期间均能够有效消减波浪,对人工海滩进 行有效防护。根据 2007 年潮流准同步周日连续 观测,潮流类型较复杂,既有规则的也有不规则 的半日潮流,总体上半日潮流起主导作用,潮流呈 明显往复流运动形式,最大涨潮流流速为 28 cm/s, 最大落潮流流速为 24 cm/s,潮流强度自开阔海 域向岸边递减。由历年波浪观测资料分析可知, 工程海域 S 向波浪出现频率最高,E 向波浪出现 频率次之,S、E 为常浪向,NNE—ENE 为强浪向。

4.2 泥沙运移规律

泥沙运移规律研究是海滩养护工程的重点和 难点问题。根据 2007 年北戴河近岸海域夏季、冬 季实测含沙量的数据分析,夏季实测含沙量明显 小于冬季的实测含沙量。含沙量与本海域水动力 条件密切相关,除个别时间段受波浪和水深等因 素的影响含沙量与流速相关性较差或出现负相关 外,其大小与流速呈正相关。夏季实测全潮单宽 输沙率为 36.07 kg/(h·m),方向 ENE;冬季实 测全潮单宽输沙率为 106.7 kg/(h·m),方向 SSW。沿岸泥沙流尚处于未饱和状态,含沙量较 小,能量较大,具有较强的侵蚀性。

根据波浪资料进行沿岸输沙计算,首先依据 各波向进行了分级统计计算,按照近岸波浪要素 计算法确定相应的波浪参数,再按照美国海岸工 程研究中心(CERC 公式)^[4]计算。公式如下:

$$Q_s=K(ECn)_0K_r^2\cos a_b\sin a_b;$$
$$K=0.70/(\rho_s-\rho)g(1-\epsilon);$$
$$E_0=\frac{1}{8}\rho gH_m^2$$

(2)

式中:Q_s 为沿岸输沙率;

K 为沿岸输沙率系数;

E₀ 为深水波能量;

Cn_0 为深水波能传播速度;

K_r 为波浪折射系数;

α_b 为破波波峰线与等深线间的夹角;

ρ_s 为泥沙密度;

ρ 为海水密度;

ϵ 为天然状态下泥沙孔隙率。

北戴河海域强浪向的沿岸输沙大于常浪向的沿岸输沙,因此沿岸净输沙方向以 NE—SW 向为主,沿岸年净输沙率为 $(0.03 \sim 0.29) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

5 沙源调查

海滩养护工程需要大量补沙,而且为了减少填沙的流失,一般选择比原始海滩中值粒径粗、且级配好的沙作为填沙物质,抗波流的侵蚀能力较强,所形成的海滩剖面较为稳定,因此需要对沙源进行甄选。一般在陆上沙丘或是海底表层取得的沙料不但细而且分选好(级配差),易于流失,而在冲积河道或者海中浅滩上取得的常是较粗且级配好的沙料,则较稳定^[12]。河道采沙容易引起敏感的环境问题,而滨外取沙对环境的影响甚微。美国东海岸迈阿密海滩、马里兰海洋城补沙工程沙源均取自滨外海域^[13],荷兰 29 处养滩工程中有 19 处沙源来源于滨外^[14]。北戴河海滩养护沙取自洋河滨外浅海(闭合水深以外),野外以浅地层调查为主,沙源区声学地层 10 m 以浅主要分为 A、B、C、D4 层(图 3)。结合海底地质取样和钻探资料分析,沙源区浅地层主要以中细沙、中粗沙为主。沉积物平均粒径 $0.31 \sim 0.58 \text{ mm}$,粗于原始海滩沙;分选系数 $0.52 \sim 0.84$,分选中等;偏态 $0.16 \sim 0.27$,属正偏,说明吹填沙以粗颗粒组分为主;峰态 $0.86 \sim 1.01$,属于宽到中等,以单峰或双峰为主(图 4);概率累计曲线为三段式或四段式,以推移组分为主(图 5)。沙源各项指标均符合养滩所需泥沙要求,且沙中不含达到边界工业品味的有用矿物,是理想的吹填养滩材料。

利用数学模型,根据开采前后地形的变化,模拟开采前后波浪、沿岸流、沿岸输沙的变化。据采沙区的地形和水动力条件,采沙后受影响的海域主要限于采沙区附近,纵向(SW—NE 走向)约 4 km,横向(SE—NW 走向)约 2 km,影响海域面积约 8 km^2 ,海岸基本不受影响。

YT—淤泥;FS—细沙;CS—粗沙;MFS—中细沙;MCS—中粗沙

图 3 典型声学地层剖面及解释

Fig. 3 A typical acoustic profile and its interpretation

图 4 吹填沙粒度频率曲线

Fig. 4 Frequency curves of the nourishing sediments

图 5 吹填沙粒度概率累计曲线

Fig. 5 Probability cumulative curves of nourishing sediments

6 结论

海滩养护工程是个系统工程,具有复杂性与多面性,原滩调查是基础,其意义在于可以为海滩养护工程设计提供详实的本底数据,保障整个养滩工程的顺利进行。海滩养护原滩调查既包括养滩需求、区域地位、海洋功能区划、社会经济发展等社会经济属性,又包括海岸历史演变、地形地貌

以及海岸动力等自然环境属性,以后者为重点。在原滩调查过程中,根据养护海滩的功能定位和海岸性质,调查的内容和侧重点各有不同,既有沿岸泥沙运移规律研究等共性问题,又存在“沙源调查评价”等特性问题。

北戴河多年来海岸侵蚀后退速率为 2~3 m/a,为严重侵蚀岸段,20 世纪 80 年代以来,局部岸段海滩失去向陆发育空间,岸线由后退转为滩面下蚀,礁石出露,沙质海岸基岩化;由定位观测剖面数据分析也佐证了这一现象,单宽侵蚀量 $-1.34\sim-7.01\text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{a})$,海滩剖面形态为侵蚀型;平均潮差小于 0.5 m,潮流具有明显的往复流性质,不饱和的沿岸泥沙流具有很强的携沙能力;常浪向 S、E,强浪向 NNE—ENE,强浪向沿岸输沙大于常浪向输沙,沿岸净输沙方向为 NE—SW 向;洋河浅海泥沙中值粒径为 0.31~0.58 mm,物化性质均符合养滩需求,为理想沙源。

北戴河海岸为典型的岬湾海岸,具有岬湾养滩的天然条件,所以人工岬湾养滩是其海滩养护的最佳方法,具有很强的可操作性,因此,在海滩养护工程设计时,应该充分考虑这一有利条件;近岸发育水下沙坝,为工程师设计“人工沙坝养滩”提供了借鉴思路,构建柔性防浪促淤工程。基于原滩调查数据分析,通过构建合适的人工岬头、离岸潜堤和人工沙坝配合人工养滩可以恢复北戴河受蚀的海滩。

参考文献:

[1] 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,2009,39(5):1 019-1 024.

[2] 河北省地矿局秦皇岛矿产水文工程地质大队. 北戴河海滩恢复治理工程可行性研究报告[R]. 2009.

[3] 杨燕雄,贺鹏起,张甲波,等. 北戴河西海滩人工岬湾养滩规划研究[J]. 工程地质学报,2007,15:418-423.

[4] 常瑞芳. 海岸工程环境[M]. 青岛:青岛海洋大学出版社,1997:178-181.

[5] 陈子桑,李春初. 粤西水东弧形海岸海滩剖面的地貌状态[J]. 热带海洋,1993,12(2):61-68.

[6] Sunamura T, Horikawa K. Two-dimentional beach transformation due to waves[C]// Pro. 14th Int. Conf. Coastal Eng. ,1974:920-938.

[7] 陈士萌,顾家龙,吴来仁. 海岸动力学[M]. 北京:人民交通出版社,1988:166-167.

[8] 董凤舞. 沙质海岸岸滩类型判别指数的探讨[C]//全国海岸带和海洋资源综合调查——海岸工程学术会议论文集(下集). 北京:海洋出版社,1982:371-379.

[9] 徐 啸. 二维沙质海滩的类型和冲淤判别[J]. 海岸工程,1988(6):51-62.

[10] 丰爱平,夏东兴. 海岸侵蚀灾害分级[J]. 海岸工程,2003,22(2):60-66.

[11] 冯金良. 人类工程活动对秦皇岛海滩侵蚀及淤积的影响[J]. 海岸工程,1997,16(3):41-46.

[12] 严 恺,梁其荀. 海岸工程[M]. 北京:海洋出版社,2002:317-319.

[13] Committee on Beach Nourishment and Protection, Marine Board, Commission on Engineering and Technical System, National Research Council. Beach Nourishment and Protection[M]. Washington D C; National Academy Press, 1995:352.

[14] Hanson H, Brampton A, Capobianco M, et al. Beach nourishment projects, practices, and objectives-a European overview[J]. Coast Engineering, 2002, 47:81-111.

(下转第 78 页)

NUMERICAL STUDY ON HYDRODYNAMIC RESPONSES TO NOURISHMENT PROJECT OF LAOHUSHI BEACH

MAO Xiaodan¹, KUANG Cuiping^{1*}, PAN Yi, GU Jie

(1 Department of Hydraulic Engineering, College of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2 College of Harbour, Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

3 College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: A beach nourishment project will be conducted at the Laohushi beach of Qinhuangdao. To better understand the impact of the project to the tidal field, a 2D tidal field model was setup based on MIKE21 model. The model was verified by comparison of the simulated and measured data of tidal level, velocity and direction. The verified model is adopted to simulate the tidal fields after the project with the same computational parameters and open boundary conditions. The comparison of the tidal flow before and after the project shows that the impact of the sandbars to the tidal current is limited in the region around the sandbars, and negligible in the region 500 m far from them. The tidal current in the Laohushi beach after the project is still very weak to move the sands away from the beach.

Key words: Laohushi beach; sand bar; numerical model; MIKE 21; tidal current

(上接第 22 页)

ENVIRONMENTAL INVESTIGATION FOR NOURISHMENT OF BEIDAIHE BEACH

QIU Ruofeng¹, YANG Yanxiong¹, ZHUANG Zhenye², SU Dapeng³, LIU Jiantao¹

(1 Qinhuangdao Mineral Resource and Hydrogeological Brigade, Hebei Geological Prospecting Bureau,

Qinhuangdao 066001, Hebei, China;

2 College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, China;

3 Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China)

Abstract: The environmental conditions of the Beidaihe beach, including its landforms, sediments, water dynamics and sediment transport, are discussed in this paper. The research shows that the coast of Beidaihe, as a sandy headland coast, is favorable for beach nourishment. There are several disconnected sandbars parallel to the coast. Beach profiles suggest that the coast is now under erosion. The rate of erosion is more than 2 m/a in the western beach. Strong waves occur in NNE, ENE direction, while the normal waves are in NS. The reciprocal tidal current moves in NE-SW direction. As the result, the net transport of sediments is in NE-SW. The mean grain size of the sediments dredged from the Yanghe river vary in a range of 0.31~0.58 mm with good physical and chemical properties. They could be used as an ideal source for nourishment. Beach nourishment in combination with construction of artificial headlands and offshore submerged breakwaters are recommended to protect the beach from erosion.

Key words: beach nourishment; beach environmental investigation; Beidaihe