

秦皇岛金梦湾海滩侵蚀和海滩养护

刘修锦¹, 庄振业², 谢亚琼¹, 杨燕雄¹, 邱若峰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)

摘要:金梦湾海滩是秦皇岛海港区西部较大的浴场, 地理位置优越, 但在养滩工程前曾遭受着严重的侵蚀, 侵蚀速率在 1.26~1.98 m/a 之间, 最大可达 3.86 m/a, 海滩宽度为 40~90 m, 沉积物粗化严重, 海滩质量较差, 严重影响了海滩的旅游功能。海滩修复工程主要采用近岸补沙和建设生态离岸潜堤的方式, 其中近岸补沙方量为 $172.5 \times 10^4 \text{ m}^3$, 离岸潜堤 3 条。工程后经过 1 年多的观测, 海滩仅在工程后初期侵蚀量较大, 之后海滩侵蚀趋势明显减弱, 海滩逐渐向平衡状态发展。养滩 15 个月后, 海滩上仍保留了 83.4% 的沙体, 养滩效果良好。

关键词: 金梦湾; 海滩侵蚀; 海滩养护; 海滩剖面

中图分类号: P737.1

文献标识码: A

海岸侵蚀是人类经历的一个自然过程^[1]。沿海地区通常经济比较发达, 开发程度高, 随着经济发展, 在人为活动造成的负面环境效应和全球气候变暖的共同作用下, 海岸侵蚀加剧^[2]。据统计, 全球 70% 的砂质海岸遭受侵蚀, 岸线平均蚀退率 $>1 \text{ m/a}$, 而渤海绝大部分砂岸目前正在遭受严重侵蚀^[3-5], 海滩正遭受极大的侵蚀破坏, 已经严重影响了人们的休闲旅游等活动。在 20 世纪 50 年代之前的数千年里, 海岸泥沙长期处于动态平衡状态; 而在这之后的 50 多年里, 人为干预海岸带的活动不断增多加强, 水库拦截泥沙入海, 沿岸建筑改变沿海泥沙的数量和方向, 海滩海底采砂行为日益增多, 加上风暴潮频率不断增多, 打破了海滩的平衡, 使其出现亏损状态, 海滩宽度逐年变窄, 质量逐渐下降^[6]。

因此, 海岸侵蚀的防治成为各国海岸开发与保护的重要组成部分, 通常分“硬工程”防护和“软工程”防护。前者主要是通过构筑海墙、丁坝(丁坝群)、离岸潜堤、人工岬湾等措施; 后者主要是通

过向受蚀海滩进行人工填沙养护、种植植被的生态养护等, 并逐渐成为替代硬工程治理的主要措施, 主要应用于砂质海岸上, 又称为海滩养护、人工养滩、海滩修复等^[7]。国外的海滩养护实践和理论等方面均已较为成熟, 最早开展海滩人工养护的是在美国的康尼岛(Coney Island), 东海岸也有养滩 154 处, 经过多次养护, 已取得了良好的效果^[8,9]。另外养滩工程在荷兰、美国、意大利、法国、德国、日本等国家均得到广泛的应用^[10,11]。近年来, 我国大连、秦皇岛等地也相继开展了一些养滩方面的实践和研究^[12-16]。笔者主要对秦皇岛金梦湾海滩侵蚀状况以及养滩后一段时期内海滩的变化特征进行了研究分析, 为科学分析养滩成效和后续的养滩工程提供参考。

1 研究区概况

金梦湾海滩坐落于秦皇岛海港区西部, 海滩呈 NE—SW 走向, 所属海岸线长约 3.4 km (图 1)。潮间带海滩坡度较陡, 平均坡度为 8° 。海底水深范围为 0~10.5 m, 等深线大致平行于海岸线分布。本海域范围内, 除在东北部 5~6 m 水深处有一呈 NE—SW 走向的水下沙嘴外, 其他海

收稿日期: 2014-01-03

基金项目: 河北省科学技术研究与发展计划(11276709D)

作者简介: 刘修锦(1987—), 男, 助理工程师, 主要从事海洋地质方面的研究工作。E-mail: lxj871022@126.com

域海底地形平缓的呈现自海域西北部向东南方向倾斜。沿岸水深变化明显,坡度较陡,等深线密集,海底地形坡度约为 5.98‰;5 m 等深线以外等深线较疏,海底地形坡度不大于 1‰

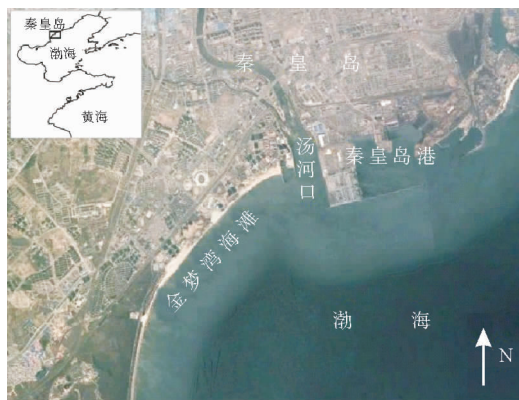


图 1 研究区自然地理位置

Fig. 1 Location of study area

本海区的主导波形为风浪和风浪为主的混合浪,其出现频率为 75%,涌浪及涌浪为主的混合浪的出现频率约为 22%,这种波形的波浪多为残存的风浪,其周期不大,S 向波浪出现的频率最高,为 16.8%;E 向波浪出现频率次之,为 10.1%。对平均波高 > 2 m 的波浪,波向主要集中在 NNE—ENE,达 0.45%。平均波高最大值出现在 SE 向,为 3.2 m;其次为 N—E 向,平均波高最大值 > 2.2 m。平均波高 < 0.5 m 的频率达 62.6%; < 1.0 m 的频率达 92.2%。因此得出常浪向为 S、E,强浪向为 NNE—ENE 向。

根据秦皇岛海洋站实测潮位资料统计分析结果,本海域平均高潮位为 1.24 m,平均低潮位为 0.51 m,平均海平面为 0.87 m,多年平均潮差为 0.73 m,与中国沿岸平均潮差相比,属弱潮区。

本区沿岸泥沙流的方向为 ES—NW,由于岬角的拦截,区内的沿岸泥沙流处于未饱和状态,含砂量较小,能量较大,具有较强的侵蚀性。

2 侵蚀特征及防治对策

2.1 养滩前金梦湾海滩状况

金梦湾海滩岸段位于秦皇岛西海滩,海岸呈 NE—SW 走向,从形态上看属于岬湾砂质海岸的

一部分,岸线长约 3.4 km。其中海滩东北部使用海滩宽度仅有 40~90 m;中部和西南部海滩上部植被发育,植被覆盖宽度为 60~100 m,由于浴场路的改扩建工程,致使海滩进一步束窄。海滩坡度 $7^{\circ} \sim 11^{\circ}$,局部达 13° ,海滩沉积物由北向南由粗砂逐渐过渡为细砂,以中细砂为主,中值粒径 D_{50} 变化于 $0.85 \Phi \sim 2.87 \Phi$ 之间,平均粒径 Mz 在 $0.72 \Phi \sim 2.88 \Phi$ 之间;分选系数介于 0.52~1.87,属于分选中等和分选差,分选中等占 54.5%,分选差占 45.5%;偏态介于 $-0.48 \sim 0.33$,负偏态占 66%,正偏态占 34%,说明海滩沉积物大部分集中在 $-1 \Phi \sim 1 \Phi$ 区间的中细砂部分;峰态介于 0.66~1.8,大部分处于中等尖锐以下,说明沉积物粗化严重成分较为复杂,可能受人工扰动的影响。

2.2 养滩前海滩岸线变化

根据不同年代的地形图、海图,通过解译多期航、卫片,分析近几年典型岸段的观测资料,金梦湾海滩岸段侵蚀具有普遍性(图 2)。由于不同岸段的展布方向、组成物质不同,受到海洋动力作用的强度和抗侵蚀能力也不尽相同,加之不同气象、水文条件以及人为活动和沿岸工程建筑情况有别,导致不同岸段时空蚀淤变化亦不一,其中闻涛路至冷冻厂海岸侵蚀速率为 2.63~2.98 m/a,最大达 3.86 m/a,冷冻至海洋花园别墅海岸侵蚀速率为 1.26~1.63 m/a。

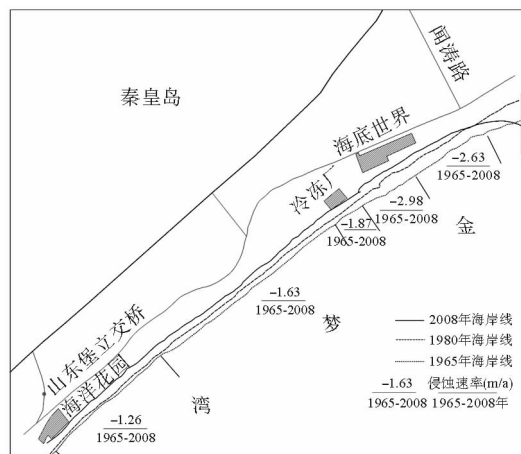


图 2 1965—2008 年海岸变迁

Fig. 2 Map showing coastal shifting from 1965 to 2008

此岸段海滩 20 世纪 50 年代建有 6 个碉堡,当时碉堡向海尚有 50~100 m 宽的平地,现有 4 个已落入水中,其中没入海中距离最大的距现

海岸线 40 多米(图 3)^[17]。以碉堡为标志计算,50 年来岸线蚀退约 145 m 左右,蚀退率约 2.5 m/a。



图3 养滩前后效果对比(a 养滩前,2001;b 养滩后,2012)

Fig. 3 The Jinmeng Bay before and after nourishment (a before nourishment, 2001; b after nourishment, 2012)

自 1990—2008 年在此设立监测剖面以来,18 年的监测资料显示(表 1),该海滩共蚀退了 18.4 m,平均侵蚀速率约为 1 m/a,其中 2 次较大的蚀退率为 9 m/a 和 13 m/a,它们分别处于 1994 和 2003 年的台风过境期间,因岸外放置废沉船,岸线淤长,其他时间均为蚀退状态。2003 年以来侵蚀速率有所降低。这也证明,此段海滩整体上一直处于侵蚀状态。

2.3 海岸侵蚀的危害

海滩侵蚀造成沙滩束窄、坡度变陡、砂质粗化,导致海滩质量下降,影响滨海旅游环境,降低海岸休闲旅游价值,威胁滨岸建筑设施,海滩侵蚀已严重影响到此段海岸旅游产业的发展与生存。

当海滩被侵蚀殆尽,此段海滩上的建筑物以及浴场路向海侧旅游设施直接面临海洋动力、风暴潮的侵蚀。如冷冻厂防波堤遭受波浪潮流淘蚀倒塌,每年都需要投入大量资金进行维修加固。依据相关部门统计,从秦皇岛旅游年收入(图 4)分析得知,本地区旅游收入呈现出明显的季节性变化:5 月开始增长,7、8 月达到最高值,其后开始降低,直到当年的 10 月,11—12 月旅游收入明显降低,这种季节性的表现恰恰说明了海滩与旅游收入的关系,秦皇岛旅游收入中有 2/3 为滨海旅游的贡献,但海滩侵蚀退化给秦皇岛旅游带来了不可估量的损失。此段海滩向陆侧距浴场路最长距离只有 100 m 左右,而且海滩侵蚀速率介于 2.5~

表 1 1990—2008 年金梦湾海底世界滩面平均高潮线蚀淤情况统计

Table 1 Erosion and sedimentation status of the Jinmeng Bay Underwater World along the mean high tide level from 1990 to 2008

监测时间	高潮线蚀淤距离/m
1990 03 29—1991 03 30	侵蚀后退 5.6
1991 03 30—1991 06 26	侵蚀后退 2.4
1991 06 26—1991 09 08	侵蚀后退 1.2
1991 09 08—1991 12 06	侵蚀后退 0.8
1991 12 06—1992 03 24	淤积 2.0
1991 03 30—1992 03 24	侵蚀后退 3.0
1992 03 24—1993 08 13	侵蚀后退 7.0
1993 08 13—1993 11 27	侵蚀后退 1.5
1993 11 27—1994 07 14 *	侵蚀后退 9.0
1993 11 27—1995 09 04	侵蚀后退 6.6
1995 09 04—1996 05 24	淤积 10.1
1996 05 24—1997 07 04	淤积 2.3
1997 07 04—1998 12 05	淤积 1.6
1998 12 05—1999 10 12	淤积 0.5
1999 10 12—2000 10 24	侵蚀后退 2.0
2000 10 24—2001 11 16	侵蚀后退 3.0
2001 11 16—2002 08 01	淤积 10.0
2002 08 01—2003 11 23 **	侵蚀后退 13.0
2003 11 23—2004 09 20	淤积 7.2
2004 09 20—2005 05 21	后退 1.4
2005 05 21—2006 03 07	后退 0.7
2006 03 07—2007 04 20	后退 1.2
2007 04 20—2007 12 21	淤积 0.4
2007 12 21—2008 05 02	后退 1.5

注: * 受 1994 年 7 月 13 日 6 号台风影响; ** 受 2003 年 10 月 10 日台风影响。

3.86 m/a 之间,如果按现在的侵蚀速率任其发展下去,此段海滩 50 年后将丧失滨海休闲旅游的功能,海滩侵蚀退化给滨海旅游业造成了巨大的经济损失,因此,灾害防治迫在眉睫。

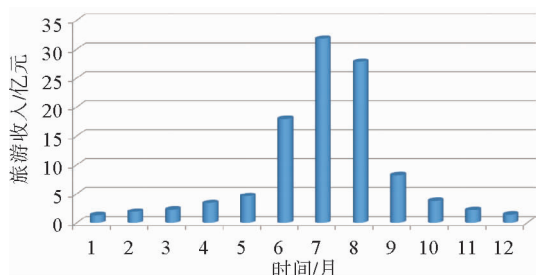


图 4 秦皇岛旅游收入年内分布

Fig. 4 A scatter graph showing the monthly tourism income of Qinhuangdao

2.4 海岸侵蚀原因

引起海滩侵蚀的原因有多种,既有自然原因又有人为因素,对不同地区而言,情况迥异。从区域构造条件来看,秦皇岛西海滩处于地壳抬升区块,相对海平面以下降为主,海平面变化不是其海滩遭受侵蚀的原因。所以,造成此段海滩侵蚀的主要原因为:入海泥沙的减少、短期的风暴潮灾害及不合理的近岸工程和人类活动。

(1)入海泥沙减少对海滩的影响 秦皇岛金梦湾海滩泥沙来源主要是石河、沙河和汤河的向岸输沙,外海的横向输沙次之。20 世纪 50 年代以来由于河流上游修建水库,这些河流中的泥沙不能入海作为顺岸流的泥沙来源。

(2)海洋水动力对海滩的影响 通过对波浪潮流的统计分析,近期波浪潮流性质基本上无明显变化,对海滩侵蚀影响较大的主要为风暴潮。风暴潮是指热带气旋或强温带气旋、强冷空气活动等系统过境所伴随的强风和气压骤变所引起的海上高浪潮且使海面异常升高的现象。风暴潮对海岸的塑造不容忽视,一次强风暴潮往往破坏掉正常天气情况下较长时间的沉积。如 2003 年 10 月 11 日强冷空气造成的风暴潮使海底世界监测剖面一次性后退 6 m,坡度增加 2°。

(3)近岸工程和人类活动对海滩的影响 随着经济、社会的发展,人们对海滩进行了各种形式的开发,如建造港口、码头、丁坝、海堤等。任何形

式的工程,都可能改变海滩动力均衡态势,引起海滩侵蚀和堆积位置和强度的变化。海滩海岸上修筑公路、护岸和挡沙墙,阻碍了海滩向陆发育空间,在海滩上修建淋浴室、游乐设施更是对海滩的直接侵占。

2.5 海岸侵蚀防治对策

上世纪 70 年代以前,社会经济不发达,人们初次接触到海岸侵蚀时往往采取坐视等待的态度,寄希望于下几个月海滩沙再淤来。若海岸继续蚀退,就向陆再建房屋,自认海水的肆虐^[6]。随着科学的进步,经济的发展,近几十年,这种让海护岸的作法已不多见,而是转向硬工程(海墙、丁坝、离岸潜堤等)护岸(滩)^[3]。

近几十年来,许多发达国家转变以往建硬工程的理念,实施海滩抛沙养滩的“软”工程以防止海岸侵蚀,即所谓的海滩养护。海滩养护是当代海滩自然供沙相对不足时,对海滩进行人工补沙,也就是将一定粒级的异地沙,人工搬运到受蚀海滩的一定部位,迅速增加海滩后滨的宽度,并辅以潜堤等硬工程进行掩护^[18-20],达到防治海滩侵蚀的效果。国外实践表明,海滩养护已经成为防止海滩侵蚀最有效的措施。

为了有效应对金梦湾海滩侵蚀问题,恢复海滩原貌,达到保护、恢复、创造稳定的、有自恢复能力的、亲水的自然海滩环境,使海滩资源得以可持续利用,所以对金梦湾海滩实施人工养滩工程。

3 海滩养护工程简介

3.1 抛沙养滩设计

金梦湾海滩补沙岸段海岸线长 3.4 km,总面积约 $9.3 \times 10^5 \text{ m}^2$,其中养滩后形成的新岸线以上区域,即新增加的沙滩面积约 $2.0 \times 10^5 \text{ m}^2$,补沙方量为 $172.5 \times 10^4 \text{ m}^3$,滩肩向陆一侧填至护岸或建筑物边缘。将人工沙滩的上限高程(即滩肩高程)设置为 2.3 m(85 国家高程基准),滩肩由陆向海为 1:100 的缓坡形式。设计滩肩宽度约 50 m,新滩较原滩明显展宽(图 3b),随位置不同而异。人工补沙中值粒径 D_{50} 应为原海滩沙 D_{50} 。

的1.0~1.5倍,金梦湾海滩沙中值粒径 D_{50} 介于0.17~0.25 mm之间,客沙中值粒径 D_{50} 在0.25~0.35 mm之间为宜。补沙方式滩肩补沙与近海补沙相结合。滩肩补沙采取陆运补沙的方式进行,剖面补沙需赶潮作业,按照养滩设计剖面进行补沙,由大自然的波浪力逐渐把沙料带向潮间带。同时,根据施工过程中的水动力情况,配以近海补沙,按设计断面完成养滩作业。

3.2 离岸潜堤设计

离岸潜堤平行于海岸布置在离岸约380 m的位置处,潜堤布置于水深-2.5~-3.5 m处,单个堤长360 m,方向平行于海岸线,方位角约为45°,中段自然向海凸出,潜堤间距300 m。

采用大块石或各种型式的混凝土块体,如扭工字块体作护面的抛石斜坡堤是离岸堤的基本结构形式。具体设计基本参数为:离岸潜堤堤长360 m,堤顶高程-1.5 m,向海侧坡度1:3,向陆侧坡度1:1.5,堤顶宽30 m,堤脚宽60 m,堤脚长420 m,潜堤结构为抛石斜坡堤,采用块石护面。

3.3 监测剖面

本次工程在沿岸依次布置了10条养滩监测剖面,剖面基点多选择在相对固定且高程较高的建筑物或公路上,以便工程施工及工程后的监测,但由于各种原因,海滩中部的T10—T16剖面基点仍遭到破坏。具体工程设计及剖面布置见图5。

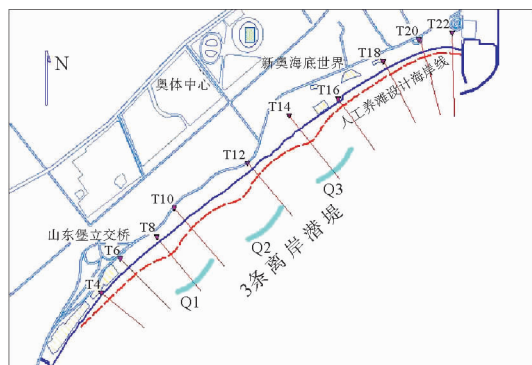


图5 金梦湾养滩工程岸线和剖面位置

Fig. 5 The planned beach nourishment project of Jinmeng Bay

4 新滩剖面演化特征

为了更好地掌握海滩养护过程中和养护后海滩剖面的演化特征,对设计的10条监测剖面进行了监测,包括养滩前1次以及养滩后5次(2012-07-06, 2012-09-12, 2012-12-11, 2013-07-05, 2013-10-25),得出剖面在不同时期的变化情况(图6),同时应用RMAP软件对各剖面不同时期的单宽体积变化情况和剩余沙体百分比进行计算(表2、图7),从而对养滩进行评价。

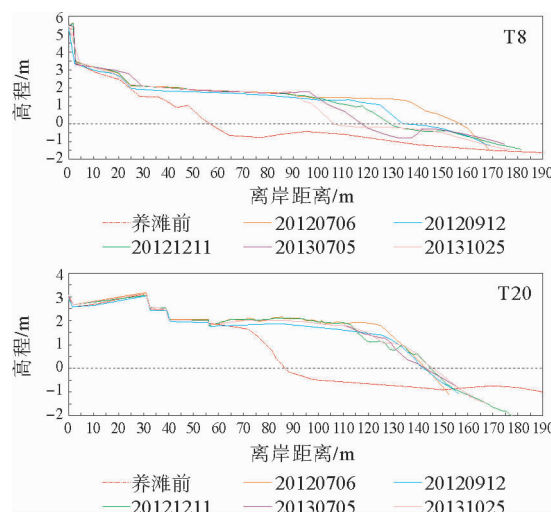


图6 金梦湾海滩T8、T20剖面变化

Fig. 6 Variations of Jinmeng Bay beach along T8 and T20 profiles before and after nourishment

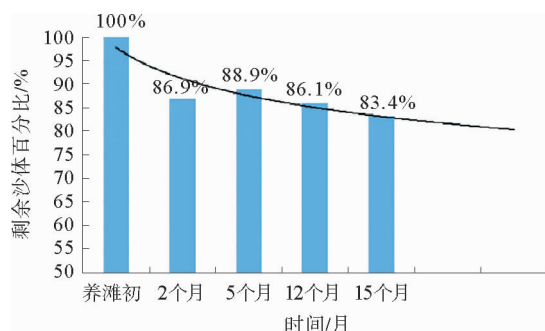


图7 金梦湾海滩不同时期剩余沙体百分比变化及趋势

Fig. 7 Percentage of remaining sand at Jinmeng Bay beach after nourishment

表 2 金梦湾海滩剖面单宽体积变化情况

Table 2 The beach volume per unit width at Jinmeng Bay beach in different periods

剖面	原始—2012-07	2012-07—2012-09		2012-09—2012-12		2012-12—2013-07		2013-07—2013-10	
	单宽体积 变化/(m ³ /m)	单宽体积变 化/(m ³ /m)	剩余沙体 百分比/%	单宽体积变 化/(m ³ /m)	剩余沙体 百分比/%	单宽体积变 化/(m ³ /m)	剩余沙体 百分比/%	单宽体积变 化/(m ³ /m)	剩余沙体 百分比/%
T4	159.11	-7.00	95.60	3.79	97.99	10.84	104.80	-10.35	98.29
T6	237.32	-49.36	79.20	6.78	82.06	9.29	85.97	-15.77	79.33
T8	259.70	-51.25	80.27	1.42	80.81	-15.70	74.77	-19.49	67.26
T18	207.88	-34.87	83.23	-2.85	81.85	-18.72	72.85	-4.31	70.78
T20	199.67	-26.30	86.83	1.52	87.59	-3.93	85.62	6.23	88.74
T22	250.38	-2.87	98.86	15.32	104.98	-18.98	97.39	8.58	100.82
沙量变化	1 314.06	-171.64	86.94	25.98	88.92	-37.21	86.08	-35.10	83.41

注:由于 T10、T12、T14、T16 剖面基点遭破坏,测量数据未参与计算。

填沙初期(原始—2012-07),剖面均呈现出明显的向海淤积,滩肩明显展宽,单宽体积变化在 159~260 m³/m 范围之内,平均单宽体积变化约 219 m³/m,是由短期内在滩肩上大量填沙造成的。

2 个月(2012-07—2012-09),除了未填沙岸段 T10 略有淤积,其他岸段均遭受侵蚀,单宽体积变化在 -51~-2 m³/m 范围之内,平均单宽体积变化为 -28.6 m³/m。其中 T22 剖面由于受到汤河口处码头的阻挡,沙滩侵蚀量比较小除了未填沙岸段,其余剖面单宽侵蚀量均较大。剩余沙量大约为 86.94%。

5 个月(2012-09—2012-12),这段时期除了 T18 剖面外,各剖面单宽体积均处于淤长状态,单宽体积变化在 -3~15 m³/m 范围内,平均单宽体积变化量约为 4.33 m³/m,较 2 个月时略有淤积。剩余沙量大约为 88.9%。

1 年后(2012-12—2013-07),这段时期各个剖面侵蚀量相差较大,但总体以侵蚀为主,侵蚀量较小。单宽体积变化在 -19~8 m³/m 范围内,平均单宽体积变化量约为 -6.2 m³/m。剩余沙量大约为 86.1%。

15 个月(2013-07—2013-10),这段时期海滩各剖面各有侵蚀,仍以侵蚀为主,侵蚀量更小,单宽体积变化在 -20~23 m³/m 范围内,平均单宽体积变化量约为 -5.9 m³/m。沙滩上保存了 83.4%的沙体,养滩效果良好。

可见养滩之初,海滩单宽体积迅速增加,养滩后的前 2 个月是海滩侵蚀最为明显的阶段,随后侵蚀程度逐渐减小,海滩逐渐适应当地水动力条件,海滩趋于稳定。

5 讨论

海岸稳定是海岸基质、泥沙补给和海洋动力 3 个要素之间的平衡问题。这三者达到平衡^[21],则海岸稳定,若失去平衡,便会引起海岸侵蚀等各种问题,如泥沙补给量减少,则海岸遭受侵蚀。由于河流修建水库、堤坝等构筑物,造成泥沙输入量锐减,同时邻近秦皇岛港,码头、航道等建设对海洋水动力产生了影响,所以导致了金梦湾海滩侵蚀严重,海滩侵蚀速率最大达 3.86 m/a,海滩整治修复迫在眉睫。

海滩整治修复工程不应只注重海岸保护的策略,现在这种全新的策略考虑到多方面,如安全、经济、建设、娱乐、风光和生态。考虑到这项新趋势,当前的海岸保护系统主要修建软工程,然而,每个地方的详细特征都需要考虑。评估了一系列软措施,发现填沙养滩是一种自然而且普遍的软措施,而且已经在全世界得到广泛应用。这种方法适合在中低潮能和中低坡度的海岸实施^[22]。考虑到各个海滩不同的海洋动力特征以及不同的剖面特征,在进行海滩养护工程设计时可以考虑把“软工程”和“硬工程”结合起来,形成更有效的

海岸保护系统。金梦湾海滩养护工程采用滩肩补沙和近海补沙,并辅以硬工程离岸潜堤。离岸潜堤是分离的,通常是与岸线平行的构筑物,使波浪在未到达海岸时就已经发生破碎起到消浪的作用,而且暴风浪时也能阻挡泥沙的横向移动,也起到了拦截泥沙的作用^[23],在潜堤之后,波能降低导致保护区中沿岸流流速减慢,发生沉积作用^[24-26]。在一定程度上保护了海滩,延长了海滩的使用时间。根据本海域波浪特征,设计潜堤离岸380 m,堤长360 m,潜堤间距300 m,堤顶高程-1.5 m,可有效的削减波能,减少波浪对海岸的侵蚀作用。Gourlay^[27]认为, $0.67 < L_s/Y < 1.0$ (式中 L_s 为潜堤长度, Y 为潜堤离岸距离)时有利于沙岬的形成。对于沙岬的形成 L_s/L_g (L_g 为潜堤间距)的比值也非常重要,大的间隙允许更多的波能到达海岸以促进沙岬的形成,这与较小的 L_s/L_g 比值一致,Pope等^[28]在美国分离式近岸潜堤工程中也证实了这一趋势。因此,该设计可以有效地促进潜堤后沉积物的淤积。

海滩上大量抛沙,对环境动力条件及其邻近海域沉积物分布有重要影响,使原始海滩地形地貌在短时间内发生了较大程度的变化。Kana等^[29]对Hunting Island海滩养护研究发现,养护2~3 a后侵蚀仍非常严重,但与前几次填沙后对比侵蚀情况有减小的趋势。新滩剖面通常较平衡剖面更陡,填沙较松散,相比原始海滩沉积物也更容易受环境动力的作用。由于不同海滩区域动力条件、地形地貌、填沙设计与实施等因素的差异,海滩养护后海滩变化也不同。在海滩填沙初期易引起泥沙以横向为主的运移,短期内就会发生明显的侵蚀^[30,31]。对海滩的监测发现(图6),养滩后位于养滩区西南侧的T8剖面每次监测海岸线均出现蚀退现象,且蚀退较快,而位于东北侧的T20剖面海岸线虽也有蚀退现象,但蚀退的速率相对西南侧的T8明显较慢,而且部分时期海岸线出现淤长现象,因而出现了西南侧蚀退快,东北侧蚀退慢甚至淤长的现象。分析其原因,东南侧海岸开阔,毫无遮挡,而本区以S、E为常浪向,波浪可直接作用于海滩将沉积物输运入海,导致西南侧出现蚀退;而东北侧由于受到汤河口防波堤的阻挡,沿岸运移的沉积物在此发生淤积,叠加上填沙初期泥沙的向海运移作用,使得海滩东北侧

蚀退较慢,甚至出现轻微淤积现象。

Browder等^[32]调查Perdido Key海滩养护结果显示8 a后仍保存约56%海滩填沙,滩肩比原始状态增宽约53 m,养护效果较好。Dean^[31]认为抛沙后海滩从雏形到成熟最后衰退的过程至少需要5~7 a。综合来看(表2,图7),金梦湾养滩前后2个月海滩剖面侵蚀最严重,平均单宽侵蚀达 $28.6 \text{ m}^3/\text{m}$,侵蚀掉约13%的沙体,这与填沙剖面较陡、沉积物松散等特征有关,这一时期被称为养滩的重塑期。养滩工程5个月时略有淤积,之后的侵蚀速率减慢,1年后和15个月后分别有少量侵蚀,海滩已进入调整期,单宽侵蚀量开始变小,说明海滩形态开始适应水动力特征,海滩剖面形态逐渐向平衡状态过渡,15个月 after 养滩仍剩余83.4%的填沙,养滩效果良好。调整期之后,海滩将进入趋稳期。为了更好的研究养滩工程的寿命,仍需对海滩进行长期的定位监测,为之后的研究提供科学有效的数据基础。

6 结论

(1)金梦湾海滩在整治修复工程前正处于严重的侵蚀后退阶段,岸滩宽度较窄,沉积物粗化严重,同时海滩仍在以平均 1 m/a 的速率被快速侵蚀,海滩质量较差,已经严重影响了海滩的旅游价值。

(2)填沙初期,海滩明显展宽,2个月内海滩侵蚀量最大,平均单宽体积侵蚀量可达 $28.6 \text{ m}^3/\text{m}$ 。之后单宽侵蚀量相对较小,海滩趋于稳定。海滩西南侧开阔,海岸线明显蚀退,且速率较快;东北侧受到汤河口防波堤的阻挡,海岸线蚀退慢,甚至出现淤长现象。15个月后,整个海滩填沙区仍保留了83.4%的沙体,养滩效果良好。

(3)岸外修筑3条离岸潜堤,可有效地起到破浪消能的作用,并拦截横向运移的海滩沙,起到保护海滩的作用。

(4)海滩养护后初期侵蚀严重,随后侵蚀逐渐减弱,逐渐稳定需要经过较长时间的演变,使海滩剖面逐渐向平衡剖面方向发展。养滩工程后对于海滩的长时间和持续的监测可以为养滩工程评价以及养滩工程后不断地维护提供重要的参考依据。

参考文献:

- [1] Paul D K. Coastal erosion-underlying factors and human impacts[J]. *Shore & Beach*, 2000, 68(1): 3-16.
- [2] 蔡 锋, 苏贤泽, 刘建辉, 等. 全球气候变化背景下我国海岸侵蚀问题及防范对策[J]. *自然科学进展*, 2008, 18(10): 1 093-1 103.
- [3] Komar P D. *Beach Processes and Sedimentation*[M]. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998: 544.
- [4] 任美镠. 海平面研究的最近进展[J]. *南京大学学报(自然科学)*, 2000, 36(3): 269-279.
- [5] 季子修. 中国海岸侵蚀特点及侵蚀加剧原因分析[J]. *自然灾害学报*, 1996, 5(2): 65-75.
- [6] 庄振业, 杨燕雄, 刘会欣. 环渤海砂质岸侵蚀和海滩养护[J]. *海洋地质前沿*, 2013, 29(2): 1-9.
- [7] 包 敏. 人工养护后海滩地貌及沉积特征研究——以北戴河西海滩为例[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2010.
- [8] Farley P. Coney island public beach and boardwalk improvements[J]. *The Municipal Engineers Journal*, 1923, 9(4): 136.
- [9] Climate Change Information Resources-New York Metropolitan Region (CCIR-NYC). What are the projected costs of climate change in the region's coastal communities and coastal environments? [M]. CCIR-NYC, 2005: 1-2.
- [10] 胡广元, 庄振业, 高 伟. 欧洲各国海滩养护概观和启示[J]. *海洋地质动态*, 2008, 24(12): 29-33.
- [11] IPCC. *Climate Change 2007: Synthesis Report* [R]. Switzerland: World Meteorological Organization, 2007.
- [12] 刘修锦, 王永红, 杨燕雄, 等. 海滩养护后剖面变化过程研究——以北戴河西海滩和中海滩为例[J]. *海洋地质前沿*, 2013, 29(2): 53-61.
- [13] 刘建涛, 刘会欣, 杨燕雄, 等. 人工喂养海滩演化特征研究[J]. *海洋地质前沿*, 2013, 29(2): 37-44.
- [14] 宋向群, 郭子坚, 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): 134-140.
- [15] 谢亚琼, 刘松涛, 刘冀闽, 等. 秦皇岛金梦湾海滩生态修复设计[J]. *海洋地质前沿*, 2013, 29(2): 80-87.
- [16] 庄振业, 曹立华, 李 兵, 等. 我国海滩养护现状[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2011, 31(3): 133-139.
- [17] 河北省地矿局秦皇岛矿产水文工程地质大队. 金梦湾海滩恢复治理工程可行性研究报告[R]. 秦皇岛: 河北省地矿局秦皇岛矿产水文工程地质大队, 2009.
- [18] 杨燕雄, 张甲波. 治理海岸侵蚀的人工岬湾养滩综合法[J]. *海洋通报*, 2009, 38(3): 92-98.
- [19] Valverde H R, Trembanis A C, Pikley O H. Summary of beach nourishment episodes on the U S east coast barrier islands[J]. *Journal of Coastal Research*, 1999, 15(4): 1 100-1 118.
- [20] 季小梅, 张永战, 朱大奎. 人工海滩研究进展[J]. *海洋地质动态*, 2006, 22(7): 21-25.
- [21] 陈沈良, 吴桑云, 于洪军. 中国海岸侵蚀与防护技术探讨[J]. *海岸工程*, 2006, 25(增刊): 69-75.
- [22] Yang R Y, Wu Y C, Hwung H H, et al. Current countermeasure of beach erosion control and its application in Taiwan[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2010, 53: 552-561.
- [23] 王永红. *海岸动力地貌学*[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 198-208.
- [24] USACE (U. S. Army Corps of Engineers). *Coastal Engineering Manual* [M/OL]. Washington, DC: USACE, Coastal Engineering Research Center, 2008. [http://chl.erdc.usace.army.mil/chl.aspx?p_s&a_articles;Part 5 chapter 3](http://chl.erdc.usace.army.mil/chl.aspx?p_s&a_articles;Part%205%20chapter%203).
- [25] Chasten M A, Rosati J D, McCormick J W, et al. *Engineering Design Guidance for Detached Breakwaters as Shoreline Stabilization Structure* [R]. Technical Report CERC-93-19, U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS, 1993.
- [26] 张甲波, 杨燕雄, 庄振业, 等. 离岸潜堤在海滩养护中的作用[J]. *海洋湖沼通报*, 2010, 4: 111-116.
- [27] Gourlay M R. Beach processes in the vicinity of offshore breakwaters[C]//*Proceedings of the 5th Australian Conference on Coastal and Ocean Engineering*, 1981: 129-134.
- [28] Pope J, Dean J L. Development of design criteria for segmented breakwaters[C]//*Proceedings of the 20th International Conference Coastal Engineering*, ASCE, NY, 1986: 2 144-2 158.
- [29] Kana T W, Mohan R K. Analysis of nourished profile stability following the fifth Hunting Island (SC) beach nourishment project[J]. *Coastal Engineering*, 1998, 33(2): 117-136.
- [30] 包 敏, 王永红, 杨燕雄, 等. 北戴河西海滩人工养护前后沉积物粒度变化特征[J]. *海洋地质动态*, 2010, 26(9): 25-34.
- [31] Dean R G. *Beach Nourishment: Theory and Practice*[M]. New Jersey: World Scientific, 2003: 109-138.
- [32] Browder A B, Dean R G. Monitoring and comparison to predictive models of the Perdido key beach nourishment project[J]. *Coastal Engineering*, 2000, 39: 173-191.

BEACH EROSION AND BEACH NOURISHMENT OF JINMENG BAY BEACH IN QINHUANGDAO

LIU Xiujin¹, ZHUANG Zhenye², XIE Yaqiong¹, YANG Yanxiong¹, QIU Ruofeng¹

(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)

Abstract: The Jinmeng Bay is a large bathing beach in western Qinhuangdao. The width of the beach was about 40-90 m. It had been under severe erosion before nourishment at an average erosion rate of 1.26-1.98 m/a. The biggest erosion rate might be as high as 3.86 m/a. The increase in coarse sediments of poor quality had seriously affected the beach tourism. The restoration work included nourishment of $172.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ sand in the near shore area and construction of 3 offshore submerged-dikes. After more than one year of monitoring after the nourishment, we found that a large amount of filling sand was eroded immediately after the beach nourishment. Then the beach erosion was reducing and gradually the beach reached a status of balance. After fifteen months, there remained 83.4% of the nourished sand. It is regarded as a successful case of beach nourishment.

Key words: Jinmeng Bay beach; beach erosion; beach nourishment; beach profiles

关于作者著作权及稿酬的声明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。该社著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意上述声明。

《海洋地质前沿》编辑部

2013年1月10日