

海滩原位监测技术及应用

宫立新,杨燕雄,张甲波,任旭光

(河北省地矿局秦皇岛水文工程地质大队,河北秦皇岛 066001)

摘要:海滩监测是研究海滩演化的重要手段,对比分析了国内外的海滩监测研究现状,总结了海滩监测的相关指标。北戴河海滩原位监测系统包括沉积动力地貌监测和海滩环境监测,可根据监测的目的需求选择不同的监测手段、监测频率,是目前国内第 1 套完善的海滩原位监测系统。应用其监测数据分析了海滩常态演变及对梅花台风的响应机理。海滩原位监测对研究海滩养护、修复及保护具有重要意义。

关键词:海滩监测;沉积动力地貌;海滩环境

中图分类号:P736.21;P737.1

文献标识码:A

海滩监测的目的在于了解海滩的演化过程,通过界定海滩存在的问题来制定海滩干预的方案^[1]。无论是海岸演化机制、发展预测还是海岸保护管理都需要系统的海滩监测来提供数据和支持。随着社会经济的发展,人们对沙滩的需求日益增长,海岸带的压力越来越大,为更好地规划和保护海滩,海滩监测变得愈加重要。

1 海滩监测研究现状

海滩监测相对于海岸侵蚀的研究起步较晚,但发展迅速。目前,对海滩监测较为系统全面阐述的是欧洲 CONSCIENCE 项目和《美国海岸工程手册》,然而两者的侧重点又有较大的区别。CONSCIENCE 项目对海滩监测的理念、目的、对象、方法、时间、频率做了详细的说明。并根据欧洲不同侵蚀海岸不同监测目的对独立的海滩选定了特定的监测时间、监测频率,依据监测项目的资金支持和数据要求对独立海滩选择合适的监测方

法。其监测对象是欧洲侵蚀海岸,通过监测数据来提高对海岸系统的认识,了解海岸的演化规律和趋势,指导海岸管理。《美国海岸工程手册》是海滩监测的另一指导性大纲,与 CONSCIENCE 不同,其监测的对象是人工养护海滩,监测目的是确保设计生命周期内工程功用的维持、评估工程效果。其特色在于除基本的物理监测要素的监测外,还提出了对工程区的生态监测和建筑物监测。

除以上 2 个系统的海滩监测外,还有许多学者根据自己不同的研究需要对海滩进行了专项要素监测。对海滩监测的研究集中于海滩演化及污染 2 方面。Roberts 等^[2]通过对美国佛罗里达州中西部 3 个相邻障壁岛养滩工程 4 年来的剖面监测分析了非极端情况下不同形态类型海滩的变化特点;Archetti 等^[3]利用视频监测来收集数据,通过 2DH 数值模型来提供近岸带波和流的强度和模式信息,分析海滩地形的实时变化,研究风暴潮期间海滩防护工程性能;Munoz-perez 等^[4]对有无地学控制点的海滩进行长、中、短期的剖面监测比较,提出相对无保护的海滩应该更多地关注有较大坡度、较小沙移动量、较低沉积速率的保护性的礁坪海滩;Pender 等^[5]在监测剖面变化的基础上利用剖面软件模拟海滩横剖面长期、极端天气条件下的变化;较为全面的海滩监测是 Dean

收稿日期:2013-12-30

基金项目:秦皇岛海滩整治修复工程监测与后评估(2014995544)

作者简介:宫立新(1983—),男,博士,主要从事海洋地质方面的研究工作。E-mail: gonglixin83@163.com

等^[6]在 1997 年实施的,为减少海滩侵蚀和波浪对防波堤的作用,Dean 等进行了波浪、海滩和近岸剖面、沉积单元、冲刷数据和海岸过程的相关背景信息测量和收集。除对海滩形态等演化特征的研究外,学者们越来越重视海滩的污染、溢油等生态环境的监测。Neumann 等^[7]通过海滩水质取样分析了累积降雨与细菌密度的关系,并进一步监测了俄勒冈州水细菌污染特征;通过对加沙地带 5 个区域 1 年的连续海水样品监测,Elmanama 等^[8]分析了海水的海洋化学指标来判定海水的污染问题;Nevers 等^[9]为了实时评估游泳海滩的水质进行了海滩的水样采集监测;Kleiheinz 等^[10]每天对取样站位在同一时间进行取样,测定不同取样深度对大肠杆菌浓度的影响;Schulz 等^[11]等对选定的海滩进行小时时间尺度的监测,基于监测数据进行海洋垃圾污染多标准系统进行评估;其选定的海滩必须符合规定的 6 个条件;Owens 等^[12]通过对北美太平洋海岸 2 年的溢油监测,研究了油粒对在海滩上的演化及对周围环境的可能影响。

国内海滩监测相对国外起步较晚,但发展迅速。监测集中于北方的秦皇岛北戴河、华南的厦门、海南地区,这些地区对海滩侵蚀研究较多,海滩养护技术成熟,监测研究起步较早。2009 年国家公益性项目《我国砂质海岸生境养护和修复技术示范与研究(200905008)》对全国各省重点海滩进行了夏冬两季连续 2 年的海滩监测,这是第 1 次全国性的海滩监测,主要监测海滩剖面及沉积物变化。项目同时划定秦皇岛北戴河、厦门观音山、三亚鹿回头为公益性沙滩养护示范区,设定观测基点,在海滩喂养前后进行定期监测,研究海滩的剖面形态、沉积物组分、生态环境的变化。这是国内首次对养护海滩的全方位监测,对以后养护海滩的监测具有指导性意义。

相比国外,国内进行的海滩监测研究相对较少,主要侧重于应用遥感技术监测长期岸线变迁^[13-19],且通过海滩基本物理要素监测研究海滩演变的工作较少。目前国内的海滩监测通常只针对单一要素,大部分集中于对海滩剖面形态、粒度等基本物理要素的监测,对海滩生态环境的监测较弱。在对鲁南砂质海滩常年监测的基础上,庄振业等^[20]定量分析了该区的沙滩的侵蚀量及侵

蚀影响因素;通过对北戴河西海岸喂养后近岸地形和表层沉积物的监测,刘建涛等^[21]研究了养护海滩的侵蚀机理并确定了海滩侵蚀量,为后期海滩的维护和再养护提供了依据;刘会欣等^[22]对北戴河西海岸在养护前后进行了连续的 7 次剖面测量,分析了海滩的侵蚀热点及形成机理,并对侵蚀热点提出了相应的防护对策;赵利民等^[23]以工程实例为基础细化了海滩剖面监测的基准点布设、剖面观测点埋桩、观测方法和数据处理等问题。

国内在海滩演变及海滩污染方向的监测研究均较弱。随着社会的发展,航运的繁忙,出现了越来越多的船舶及油库管道爆炸溢油事件,成山头水域自 1992 年 7 月至 2008 年 5 月期间就发生了 12 次船舶溢油污染事件,溢油量达 2 157.5 t^[24]。此外还有 1989 年黄岛油库爆炸事故、2010 年大连新港溢油事件、2011 年蓬莱油田溢油事故、2013 年青岛输油管道爆炸事故的 4 次溢油事件,对海洋及海滩造成严重油污,这方面的监测研究迫切需要加强。

现在海滩监测研究对监测对象、监测方法、监测时间、监测频率等尚无明确的指导和规范。海滩监测侧重点各有不同,多为单一要素的测量,尚无对海滩全方位、系统的监测。

2 海滩原位监测

2.1 沉积动力地貌监测

海滩地貌学意义上的稳定性主要体现为海滩形态特征变化,海滩形态特征变化包括海滩剖面的重塑与调整、海滩岸线的变化(包括干滩宽度变化)、侵蚀热点的规模和个数、海滩沉积物变化。剖面的变化主要与海滩坡度、波陡、底质粒径等因素有关。海滩剖面形态是波浪、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三者之间长时段平衡状态的结果。

2.1.1 岸线监测

由于受潮汐风浪等的影响,海面高程不断变化,所以海岸线位置是不固定的。海岸线的蚀退与淤进是海滩最明显的变化现象。

岸线监测主要监测岸线位置、长度及特征点。

设定固定基准点使用 RTK 沿岸线测量记录位置。也可采用遥感监测的方式,遥感影像比剖面测量研究海滩演变更直观高效,可以获取不同时段的岸线变迁。

对非养护海滩可以按年周期进行观测,分析海滩的长时间岸线年际变迁;对于养护海滩,其养护后的第1年岸线变化迅速,要增加监测频率,每月测量1次或以更高频率进行监测,随着时间的推移监测频率变小。岸线测量时要注意记录水边线的实时时间,通过地形图、海图、潮时进行修正,可收集多年测量资料对比岸线变迁。

2.1.2 岸滩形态监测

岸滩形态监测的主要内容有剖面与地形(海滩、水下)变化。根据所需数据的精确性、监测范围、支持费用差异选用不同的监测手段来完成。

在实施监测计划之前,必须设立监测基点,用于海滩物理变化监测。根据我国海滩地貌特点,一般将监测基点设置于人工护岸(海滩后方为人工护岸)、海崖顶部(海滩后方为海崖),或者人工建筑物上,并在测量基点处设置相对安全的固定桩(点),从附近已知点引出绝对高程和坐标。基准点附近最好加设备用点,以检核和保护基准点^[25]。特别是侵蚀速率较高或易受风暴潮影响的区域设立备用点尤为重要。

海滩剖面的地貌形态是由泥沙横向(垂直岸线方向)运动所致。海滩剖面布置的间距应该与海滩空间差异相匹配。海滩纵向变化较小或无变化时可等间距布置剖面,并可适当增加剖面的间距;纵向变化较大时要加密剖面的数量。剖面布置的总原则是能较好地控制剖面在纵向上的变化特征。如果是对喂养海滩进行监测,剖面应该与工程前所测断面相重合,当工程长约1~2 km时,一般剖面间隔大约200~400 m,可满足测量需求。进行横剖面测量时对变化特征点要重点测量,对地形突变区块要增加测量点数。对于具体的每次海滩地形监测,要选择大潮低潮时实施,此时可以显示最大的海滩延伸。

在海滩剖面监测时需记录沙丘的长度、宽度、高度,这些特征值对于计算海滩的侵蚀和淤积量有重要意义。海雪橇是比较实用的剖面测量系统,其系统组件精度高、设计简单、适用广泛,但在暗礁环境、基岩岬角、海底峡谷区域不实用^[26]。

海滩地形监测可以全面反映海滩的变化特征,如侵蚀热点、冲淤变化等。海滩地形信息可以用GPS系统沿固定横断面测量,也可由低空飞行的地形激光雷达完成详细调查。海滩地形监测频率相对剖面监测频率少。对于养护海滩,在养护前后各测1次,此后逐年按1年/次的频率监测,其数据要与剖面测量的数据进行比较,来相互验证、分析海滩养护后的演变特征^[27]。

比较 CONSCIENCE 项目中不同研究区时发现,海滩形态指标测量位置的空间距离和测量频率是明显不同的。这表明没有单一的解决方案是理想的,监测的设计要符合当监测的目的要求。分析海滩剖面的季节性变化时测量频率为几个月;研究海滩对风暴潮等极端天气的响应时测量间隔在数天,在风暴潮前后进行对比测量。对于养护海滩,研究其养护后的变化情况测量频率是不定的,养护初的监测频率为半月、月,1年以后监测频率可以减少,变为季度性监测,3年以后改为半年/年间隔监测。

2.1.3 沉积物监测

不同的沉积环境下,地形不同,搬运介质不同,介质的密度、流速、流动方向以及它们变动或稳定状况等水动力条件不同,相应的以不同方式搬运和沉积下来。所以,沉积物粒度特征是判断自然地理环境和水动力条件的良好标志之一。

沉积物取样可与剖面测量同时进行。取样位置包括沙丘、滩肩、滩面等代表性部位。重复监测的剖面,每次取样的位置要相同,取样重量至少1 kg^[27]。

2.1.4 动力监测

动力环境监测的主要内容有:波浪、潮流、海流、悬沙。一般情况下,非工程区的动力环境变化较小。养护海滩的动力环境变化较大,海滩养护后岸线走向的变化导致沿岸流及沉积物运移能力的变化。

波浪是控制养护海滩演变的最重要动力参数。风暴潮侵蚀海滩的上部,重新分配海滩剖面沙。较长时期,波浪沿岸过程重塑海滩平面,塑造工程的侵蚀岸线。布置离岸波浪观测站,记录波高、波长、波周期等波浪参数,根据需求选择不同的监测时间长度。

监测区域可使用长期验潮站的数据,若有一

定距离,则设立临时验潮站,其测得的水位资料应与毗邻长期验潮站同期的资料进行对比,检查观测资料的质量,并进行必要的校正;对潮位观测资料进行日、月、年动态规律分析。

海流需要测量的主要参数为流速和流向;需要测的辅助量为风速和风向。潮流的测站一般应不少于 3 次符合良好天文条件的周日连续观测。根据工作区近海水深特点,观测层次一般分为 3 层,即表、中、底层。

悬浮泥沙的监测方式为水样分析。在近岸水深较浅区域采集表层样、底层样,在水深区域增加中层水样采集,采集时间一般为 25 h,采集频率为 1 次/2 h。

2.2 海滩环境监测

2.2.1 水质监测

水质监测采样的目的通常分为环境质量控制、环境质量表征以及污染源鉴别 3 种类型。环境质量控制指针对某海域的一个或几个环境要素的浓度进行反复核查,核查结果决定是否要及时对环境状况采取相应措施。环境质量表征是为了长期控制环境质量,分析评价污染物在海洋环境中的时空分布现状,并预测海洋环境状况的发展趋势。污染源鉴别是为了确定污染物排放特征,追溯污染物的污染途径。用于环境质量控制的采样频率相对较高,鉴于海滩监测的海域水深(一般 $<10\text{ m}$) 采样层位为表层样(海面以下 $0.1\sim1\text{ m}$)^[28]。

这里的海滩水质监测属于环境质量控制监测范畴。调查项目包括 pH、浊度、悬浮物、COD、DO、无机氮、磷酸盐、石油类、汞、砷、铬、铜、锌、镉、铅。各项监测因子的采集与分析按照《海洋调查规范》(GB12763.2—2007)与《海洋监测规范》(GB17378—2007)的规定进行。水质现状评价可采用《海水水质标准》(GB3097—1997)中的相关的水质等级评价指标。

2.2.2 生物监测

在调查和监测中,应依据目的、任务和性质考虑生物调查和监测的内容。调查浮游植物的种类组成和数量分布、浮游动物的生物量、种类组成和数量分布。

考虑样品的代表性和评价环境质量的需要,

采样位置主要应在近岸海域,原则上在水质站位和底质测站都应设置生物测站。采样位置的选择要避开局部影响,不要设在紧靠污染源的地方。

浮游植物调查,一般只需采水样。测站水深在 15 m 以内的浅海,采表、底 2 层;水深达于 15 m 的采表、中、底 3 层。若需要详细了解其垂直分布,可按 $0、3、5、10、15\text{ m}$ 和底层等层次采样。若有必要进行昼夜连续观测时,可每间隔 2 h 或 3 h 按上述层次采样^[28]。

浮游动物使用拖网采样,可考虑在需要详细分析种类组成时采用。一般使用规定的网具,自海底至水面作垂直拖网采样。若需了解其垂直分布,可按 $5\sim0\text{ m}$ 、 $10\sim5\text{ m}$ 、底至 10 m 等层次作垂直分层拖网。若需进行昼夜连续观测,应与浮游植物采水样的时间间隔一致。

样品采集依照中华人民共和国行业标准《海洋监测规范》(GB17378.7—2007)和《海洋调查规范》(GB12763.6—2007)执行。评价方法可采用群落参数统计法,分别对样品的多样性指数、丰度、均匀度等进行统计学评价分析。

3 北戴河原位监测系统及应用

3.1 北戴河原位监测系统

北戴河原位监测系统是国内第 1 个对海滩全方位监测的体系。主要包括沉积动力地貌(岸线、岸滩形态、沉积物、动力监测)监测、海滩环境(水质、生物)监测 2 部分。该系统于 2014 年引入 Argus 视频站,以便进一步完善和提高系统的监测能力。原位监测系统提供海滩养护后各要素的变化情况,并为后期海滩的维护和再养护提供数据支持和参考。

3.1.1 沉积动力地貌监测

(1) 岸线监测

岸线测量前设置监测基点,每次岸线测量时对比监测基点进行坐标校正。岸线监测分别为监测滩肩顶、滩肩斜坡坡脚、沙坝背浪侧位置的变化。当有多级滩肩时,以向海最近一级滩肩为监测位置。岸线监测频率不固定,海滩养护前,每年监测 1 次;海滩养护初期监测频率增加,初期频率为 1 次/15 日,半年后为 1 次/月,持续 6 个月,工

程后1~3 a,监测频率为2次/a,工程后3 a,频率为1次/a。

2014年引入Argus视频站,通过图解来观察海滩的形态变化。由视频源量化海岸线,对视频得出的海岸线预计值与调查数据相比,来确认视频站在所加设位置的有效性。通过对海岸线长期的视频监测的详细记录计算海岸线的侵蚀速率;同时可以说明几个重要的极端天气情况下的侵蚀模式;视频站得出海岸线位置的变迁结合相应时期的剖面监测计算沿岸平面的演化。Argus视频站投入使用后,对海滩平面的演化及风暴潮等极端天气下海滩的响应研究具有重要意义。

(2) 岸滩形态监测

①海滩剖面监测 北戴河原位监测共布设剖面47条(图1),每条剖面的监测基点设置于人工护岸后,基点的坐标由岸线监测基点引测,并在基点附近设定固定监测桩,剖面方向垂直于岸线。通常剖面监测的频率为1次/3月,养滩后剖面监测频率增加,初期为1次/5日,半年后为1次/月,1年后为1次/3月。剖面测量时滩肩顶、滩肩斜坡坡脚等变化特征大的位置要加密测点数量。后滨有沙丘的要记录沙丘向陆、向海的位置、沙丘顶的高程。这些特征点的记录对研究海滩的侵蚀与淤积具有重要意义。

②岸滩地形监测 海滩地形监测可以全面反映海滩的变化特征,如侵蚀热点、冲淤变化等。海滩地形包括海滩、水下2部分。海滩地形可以用布设合理的剖面测量替代,经过内插得到整个海滩平面的形态。水下地形测量采用测深仪采集数据,监测频率与剖面测量相同,海滩地形与水下地形的监测同时进行。近岸布设侵蚀仪3台,每2周提取1次数据。三者监测数据结合研究岸滩地形的变化。

(3) 沉积物监测

沉积物监测主要是进行沉积物取样。通过颗粒分析,对比海滩养护前后沉积物变化,沉积物粒径分析可以用于研究泥沙运动,进而分析验证侵蚀热点。沉积物取样与岸滩形态监测同时进行,取样位置包括沙丘、滩肩、滩肩斜坡、滩面、沙坝等位置,对沉积物粒径突变区域增加取样站位,除突变区域外,其余取样站位重复采集的位置相同。取样深度为表层0~10 cm,样品重量不少于

1 kg。样品采集后应立即进行现场描述,描述内容包括颜色、气味、厚度3要素。

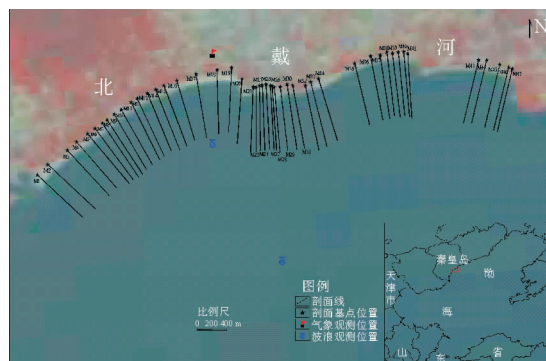


图1 海滩监测布置图

Fig.1 Beach monitoring system in Beidaihe

(4) 动力监测

动力监测包括气象要素、水文要素和温盐泥沙流共3方面的监测。

①气象要素监测 在老虎石公园建立气象要素监测站1处,观测本区的风速、风向、气温、气压、降水、相对湿度。

②水文要素监测 在老虎石公园近岸使用潮位仪观测近海潮位变化,临时验潮站观测的水位资料应与毗邻长期验潮站同期的资料进行对比,检查观测资料的质量,并进行必要的校正;对潮位观测资料进行日、月、年动态规律分析;使用波浪仪观测波形、波周期、波向等要素,老虎石公园南部-7 m等深线处使用ADCP观测流速、流向,进行长期监测(除冰期外)。

③温盐泥沙流观测 近岸平行海岸线布设12个观测站,其中西海滩6站,中海滩4站,东海滩2站,观测海域养滩前后海流以及悬沙的变化。养滩工程期间及竣工时各监测1次,竣工后第1、第3个月各监测1次。

海流观测需要测量的主要量为流速和流向;需要测的辅助量为风速和风向,辅助量的观测应符合GB12763.3的有关规定,海流观测的流速、流向值为3 min的平均流速和主流向,如流速的观测值不是3 min的平均值,在观测记录上说明取样时段。流速准确度为 ± 5 cm/s;流向测量的准确度为 $\pm 10^\circ$,使用海流计测定流速、流向,监测频率为1次/h,连续观测不少于25 h。

在海流观测的同时进行悬沙取样,采集时间

一般为 25 h,采集频率为 1 次/h。在近岸水深较浅区域采集表层样、底层样,在水深区域增加中层水样采集。

3.1.2 海滩环境监测

海滩环境监测的目的是通过水质监测、生物监测来研究养滩工程前后海滩环境的改变及发展趋势。监测要在工程前、工程中及工程后各进行 1 次。

(1) 水质监测

水质是海滩环境的重要指标之一。水质监测的要素包括水温、盐度、PH、悬浮物、溶解氧、化学需氧量、油类、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、磷酸盐以及重金属铜、铅、锌、镉、汞、砷。在近岸水深较浅区域采集表层样、底层样,在水深区域增加中层水样采集。

(2) 生物监测

海滩养护后生境必然发生改变,生境的改变影响生物的生存和发展,因此生物监测具有重要意义。养滩后生物监测是为了解生境的变化状况,为后期海滩的维护及再养护提供参考。生物监测的内容包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物和大型底栖生物。

叶绿素 a 测量使用分光光度计法或用叶绿素测定仪进行测量。

浮游植物的调查方法依照《海洋监测规范》(GB17378.5—2007),使用浅水Ⅲ型浮游生物网自水底至水面垂直拖网采集浮游植物。网采样品用 5% 甲醛固定保存。浮游植物样品使用光学显微镜采用个体计数法进行种类鉴定和数量统计。

浮游动物样品采用浅水Ⅰ和Ⅱ型浮游生物网自底至表垂直拖取,所获样品用 5% 甲醛固定保存,采样结束后在实验室内进行镜检分析,种类组成结合浅水Ⅰ和Ⅱ型浮游生物网采集的样品分析;生物量仅用浅水Ⅰ型浮游生物网采集的样品去除水母等胶质生物后称重。

底栖动物调查采样采用 0.05 m² 曙光采泥器采集,每站取样 2 次,取样面积 0.1 m²,取样深度为 10~20 cm。将采集到的沉积物放入网目为 0.5 mm 底栖生物分样筛内,冲掉底泥,挑出所有生物,装入标本瓶内,放入标签,用 5% 甲醛固定液固定,标本带回实验室分析。

评价方法可采用群落参数统计法,分别对样

品的多样性指数、丰度、均匀度等进行统计学评价分析。

3.2 应用实例

北戴河海岸线长约 18.4 km,分为东海滩、中海滩、西海滩。2010 年 1 月—2011 年 3 月实施了北戴河西海滩恢复治理工程,其中海滩喂养工程于 2010 年 12 月完成,工程以静态平衡岬湾理论、平衡剖面理论和生态养滩概念为设计基础,以滩肩补沙与近岸人工沙坝为主要工程手段,并辅以离岸潜堤与人工潜礁的人工岬头系统。

西海滩恢复治理岸线长 3 550 m,新增沙滩 18 hm²,滩肩增宽约 50 m,滩肩顶高程 1.8 m(国家 85 高程基准);近岸营造顺岸人工沙坝,沙坝长约 2.78 km,宽约 50 m,坝顶高程 -0.9 m,补沙 55.36×10⁴ m³;离岸潜堤 3 座,距岸约 450 m,由 2.8 m×2.8 m 的立方体型生态渔礁组成,长 230 m、宽 17 m;人工潜礁由石块和栅栏板组成。

3.2.1 监测数据

北戴河西海滩综合整治工程后,2011 年 7 月初各测量基点布设完毕,开始对养护后的海滩要素变化进行监测。分析所使用的数据时间为 2011 年的 7 月 6 日、8 月 5 日、8 月 10 日、9 月 30 日;2012 年的 3 月 25 日、7 月 5 日、9 月 30 日;2013 年的 3 月 30 日、7 月 6 日、9 月 15 日。

3.2.2 数据分析

(1) 季节演变

通过 2011 年的 7 月 6 日、9 月 30 日、2012 年的 3 月 25 日、9 月 30 日、2013 年的 3 月 30 日、9 月 15 日 6 个时间的观测数据(图 2),来研究养护后海滩的季节演变规律。

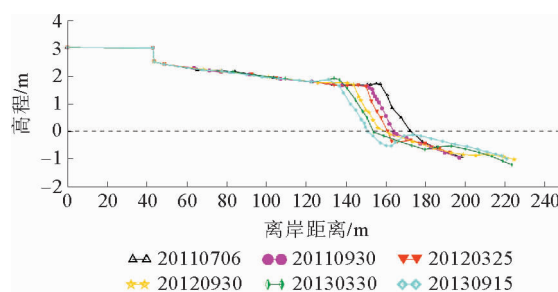


图 2 养滩后不同时期剖面变化

Fig. 2 Profiles showing variations of the beach after nourishment

2011年7月6日—9月30日时段:剖面呈侵蚀状态,单宽侵蚀量为 $15.50 \text{ m}^3/\text{m}$,岸线后退 8.38 m ,滩肩前缘斜坡侵蚀,单宽侵蚀量为 $15.40 \text{ m}^3/\text{m}$,高程蚀低 0.25 m 。

2011年9月31日—2012年3月25日时段:剖面呈侵蚀状态,单宽侵蚀量为 $6.31 \text{ m}^3/\text{m}$,岸线后退 3.09 m ,滩肩斜坡前缘侵蚀,单宽侵蚀量为 $7.15 \text{ m}^3/\text{m}$,高程蚀低 0.27 m ,滩面淤积,单宽淤积量为 $1.02 \text{ m}^3/\text{m}$,淤高 0.06 m 。

2012年3月26日—9月30日时段:剖面呈侵蚀状态,单宽侵蚀量为 $5.29 \text{ m}^3/\text{m}$,岸线后退 1.67 m ,滩肩前缘侵蚀,单宽侵蚀量为 $7.90 \text{ m}^3/\text{m}$,高程蚀低 0.46 m ,滩肩前缘坡脚淤积,单宽淤积量为 $1.49 \text{ m}^3/\text{m}$,淤高 0.13 m 。

2012年10月1日—2013年3月30日时段:剖面呈侵蚀状态,单宽侵蚀量为 $5.73 \text{ m}^3/\text{m}$,岸线后退 5.59 m ,滩肩顶淤积,单宽淤积量为 $1.27 \text{ m}^3/\text{m}$,高程增加 0.09 m ,滩肩前缘斜坡侵蚀,单宽侵蚀量为 $9.49 \text{ m}^3/\text{m}$,蚀低 0.21 m ,靠陆侧滩面淤积,单宽淤积量为 $4.13 \text{ m}^3/\text{m}$,高程增加 0.16 m ,向海侧滩面侵蚀,单宽侵蚀量为 $1.56 \text{ m}^3/\text{m}$,高程降低 0.12 m 。

2013年3月31日—2013年9月15日时段:剖面呈淤积状态,单宽淤积量为 $0.77 \text{ m}^3/\text{m}$,岸线后退 2.85 m ,滩肩前缘侵蚀,单宽侵蚀量为 $9.52 \text{ m}^3/\text{m}$,高程降低 0.27 m ,滩面淤积,单宽淤积量为 $11.11 \text{ m}^3/\text{m}$,高程增加 0.2 m 。

养滩工程后,滩肩较高,涨落潮潮水无法越过滩肩,所以2年的监测数据滩肩位置变化较小,剖面演化主要体现在滩肩前缘斜坡的后退,坡脚和滩面的侵蚀与淤积。

(2) 年际演变

通过2011年7月6日、2012年7月5日、2013年7月6日3次的监测数据(图3)分析海滩养护2年后,海滩的变化情况。养滩1年后,剖面呈侵蚀状态,岸线后退 7.41 m ,侵蚀主要发生在滩肩斜坡,滩肩后退,单宽侵蚀量为 $17.59 \text{ m}^3/\text{m}$,高程降低 0.53 m 。养滩2年后,剖面继续侵蚀,相比第1年侵蚀加剧,岸线后退 14.86 m ,单宽侵蚀量为 $26.778 \text{ m}^3/\text{m}$,滩肩前缘斜坡侵蚀,单宽侵蚀量为 $30.69 \text{ m}^3/\text{m}$,滩面靠陆侧堆积,单宽淤积量为 $11.09 \text{ m}^3/\text{m}$,高程增加 0.28 m ,靠海侧滩面侵

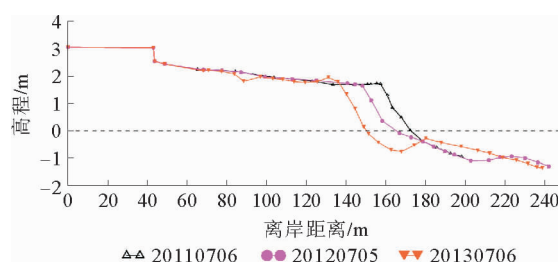


图3 养滩后剖面年际变化

Fig. 3 Profiles showing yearly variations after nourishment

蚀,单宽侵蚀量为 $2.71 \text{ m}^3/\text{m}$,高程降低 0.13 m 。滩肩出现的侵蚀点是由于人为的沙滩整饰造成的。

养滩2年后海滩剖面呈侵蚀状态,主要表现为滩肩斜坡后退,滩面淤积。

(3) 沙滩对台风响应

梅花台风于2011年8月7、8日期间影响研究区域。在台风前8月5日及台风后8月10日进行了加密监测。台风后0 m高程线对应的滩肩斜坡位置蚀退 2.02 m ,滩肩略有堆积,部分位置增厚 0.03 m 。

台风对该区域的影响主要表现为增水(图4),台风来临前8月5、6日2天,潮位变化较小,台风来临后,7、8日2天呈现持续增水现象,8月8日增水达到最大,从9日开始减少。增水前,涨落潮水无法越过滩肩,增水后潮位增高,潮水越过滩肩,滩肩部分位置略有侵蚀变化;波浪、潮流要素在台风前后基本没有变化。波浪的能量与波高的平方、波浪的运动周期以及迎波面的宽度成正

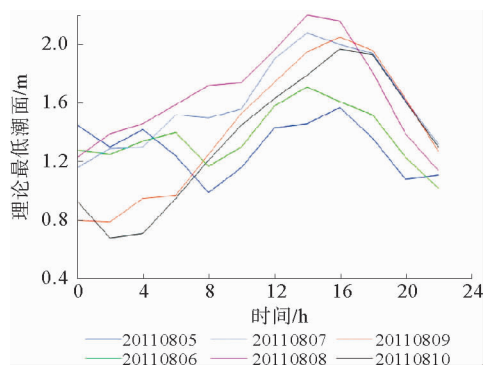


图4 台风前后理论最低潮位变化

Fig. 4 Theoretical variation of lowest tide level before and after storm Muifa

比。从表 1 中可知:台风前后有效波高、波周期保持稳定,无大的增减,说明台风对波浪没有影响。图 5 显示:在台风影响过程中,潮流的沿岸流分量居于台风前后的中间值,说明台风对潮流几无影

响。

综上所述,通过原位监测系统的监测数据分析表明:梅花台风对北戴河西海滩浴场影响较小,表现为滩肩略有侵淤,其他位置基本没有变化。

表 1 台风前后波浪变化

Table 1 Wave variation before and after storm Muifa

日期	有效波高/m 有效波周期/s	时间							
		2:00	5:00	8:00	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00
20110805	波高	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4	0.5	0.3	0.2
	周期	3.5	3	3	3.5	3.5	3.5	3	3.5
20110806	波高	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2		0.1
	周期	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3		3.5
20110807	波高	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	周期	3.5	3.5	3.5	3.5	3	3	4	4.5
20110808	波高	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
	周期	4	6.5	6.5	6	7.5	8.5	6.5	4.5
20110809	波高	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3
	周期	5.5	5	5	4	5	4.5	4	3.5
20110810	波高	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1
	周期	3.5	3.5	3.5	3	3.5	3	3.5	4.5

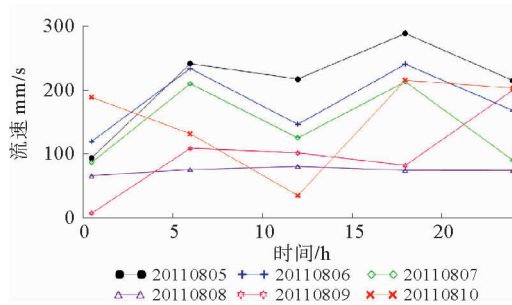


图 5 台风前后潮流流速变化

Fig. 5 Tidal speed change before and after storm Muifa

4 结论

(1)海滩监测相对海滩侵蚀研究起步较晚,但随着海滩养护的进行海滩监测发展迅速,至今尚无系统的海滩监测规范体系。

(2)海滩原位监测主要监测沉积动力地貌、海滩环境 2 方面。根据监测的目的需求选择不同的监测手段、监测频率。

(3)北戴河海滩原位监测系统是相对比较完善的海滩监测系统。通过台风梅花前后海滩的监

测数据分析海滩对台风的响应机理,证明北戴河原位监测系统是完善的、有效的。

致谢:对在撰稿中邱若峰、刘会欣、刘建涛、刘修锦、赵友鹏给予的建议和帮助表示感谢!

参考文献:

- [1] Bradbury A. Monitoring of Beaches. Chapter 5 of The Beach Management Manual[M]. CIRIA Manual C685, 2010.
- [2] Roberts T M, Wang P. Four-year performance and associated controlling factors of several beach nourishment projects along three adjacent barrier islands, west-central Florida[J]. Coastal Engineering, 2012, 70: 21-39.
- [3] Archetti R, Zanuttigh B. Integrated monitoring of the hydro-morphodynamics of a beach protected by low crested detached breakwaters[J]. Coastal Engineering, 2010, 57: 879-891.
- [4] Munoz-perez J J, Medina R. Comparison of long-medium and short-term variations of beach profiles with and without submerged geological control[J]. Coastal Engineering, 2010, 57: 241-251.
- [5] Pender D, Karunarathna H. A statistical-process based approach for modeling beach profile variability[J]. Coastal Engineering, 2013, 81: 19-29.

- [6] Dean R G, Chen R, Browder A E. Full scale monitoring study of a submerged breakwater, Palm Beach, Florida, USA[J]. Coastal Engineering, 1997, 29: 291-315.
- [7] Neumann C M, Harding A K, Sherman J M. Oregon Beach Monitoring Program: Bacterial exceedances in marine and freshwater creeks/outfall samples, October 2002-April 2005[J]. Science Direct, 2006, 52: 1 270-1 277.
- [8] Elmanama A A, Afifi S, Bahr S. Seasonal and spatial variation in the monitoring parameters of Gaza Beach during 2002 - 2003[J]. Environmental Research, 2006, 101: 25-33.
- [9] Nevers M B, Whitman R L. Efficacy of monitoring and empirical predictive modeling at improving public health protection at Chicago beaches[J]. Water Research, 2011, 45: 1 659-1 668.
- [10] Klei Heinz G T, McDermott C M, Leewis M C, et al. Influence of sampling depth on Escherichia coli concentrations in beach monitoring[J]. Water Research, 2006(40): 3831-3837.
- [11] Schulz M, Neumann D, Fleet D M, et al. A multi-criteria evaluation system for marine litter pollution based on statistical analyses of OSPAR beach litter monitoring time series[J]. Marine Environmental Research, 2013, 92: 61-70.
- [12] Owena E H, Mauseth G S, Martin C A, et al. Tar ball frequency data and analytical results from a long-term beach monitoring program[J]. Marine Pollution Bulletin, 2002, 44: 770-780.
- [13] 杨全中,李志中,赵玉灵. 杭州湾南北两岸岸线变迁遥感动态调查[J]. 国土资源遥感, 2002, 3(1): 23-28.
- [14] 张景奇. 辽东湾北岸岸线变迁与土地资源管理研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2007.
- [15] 秦延文, 张雷, 郑丙辉, 等. 渤海湾岸线变化(2003—2011)对近岸海域水质的影响[J]. 环境科学学报, 2012, 32(9): 2 149-2 159.
- [16] 赵玉灵, 杨全中. 浙东象山港岸线及潮滩变迁遥感调查[J]. 国土资源遥感, 2007, 12(4): 114-119.
- [17] 宫立新, 金秉福. 近20年来烟台典型地区海湾海岸线变化[J]. 海洋科学, 2008, 32(11): 64-68.
- [18] 薛允传, 马圣媛, 周成虎. 基于遥感和GIS的现代黄河三角洲岸线变迁级发育演变研究[J]. 海洋科学, 2009, 33(5): 36-40.
- [19] 谌艳珍, 方国智, 倪金, 等. 辽河口海岸线近百年来的变迁[J]. 海洋科学研究, 2010, 6(2): 14-21.
- [20] 庄振业, 印萍, 吴建政, 等. 鲁南沙质海岸的侵蚀量及其影响因素[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20(3): 15-21.
- [21] 刘建涛, 刘会欣, 杨燕雄, 等. 北戴河人工喂养海滩的演化特征[J]. 海洋地质前沿, 2013, 29(2): 37-44.
- [22] 刘会欣, 杨燕雄, 张甲波, 等. 北戴河海滩养护侵蚀热点[J]. 海洋地质前沿, 2013, 29(2): 45-52.
- [23] 赵利民, 许亚全. 海滩剖面测量技术的应用研究[J]. 测绘信息与工程, 2007, 32(4): 15-16.
- [24] 赵江海. 成山头水域溢油应急处置能力建设研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2009.
- [25] 张正禄. 工程测量学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2005.
- [26] USACE (U. S. Army Corps of Engineers). Coastal Engineering Manual [M/OL]. Washington, DC: USACE, Coastal Engineering Research Center, http://chl.erdc.usace.army.mil/chl.aspx? p_s&a_articles;Part 5 chapter 4, 2008.
- [27] 国家海洋局 908 专项办公室. 海岛调查技术规程[M]. 北京: 海洋出版社, 2005.
- [28] 国家海洋局. 海洋监测规范 GB17378. 7—2007: 近海污染生态调查和生物监测: 3[S]. 2007.

BEACH MONITORING TECHNOLOGY AND APPLICATION

GONG Lixin, YANG Yanxiong, ZHANG Jiabo, REN Xuguang

(Qinhuangdao Mineral Resource and Hydrogeological Brigade, Hebei Geological Prospecting Bureau,
Qinhuangdao 066001, Hebei, China)

Abstract: Beach monitoring is an important mean to study beach evolution. Reviewed in this paper are the current situation of beach monitoring at home and abroad and the relevant indicators used in beach monitoring. The in-situ beach monitoring system established in Beidaihe is a complete system, which has the capability to carry out surveys of sedimentary dynamic geomorphology and beach environment. Using the monitoring data, evolution and mechanism of a beach in response to the a typhoon is analyzed.

Key words: beach monitoring; sedimentary dynamic geomorphology; beach environment