

# 北海银滩泥化与硬化成因初探

张春华<sup>1</sup>, 刘金贵<sup>2,3</sup>, 杨静<sup>2,3</sup>

(1. 国家海洋局北海海洋环境监测中心站, 广西北海 536000; 2. 国家海洋环境预报中心, 北京 100081;  
3. 国家海洋局海洋灾害预报技术研究重点实验室, 北京 100081)

**摘 要:** 基于现场调查资料、近岸水动力条件和粘性泥沙基本理论, 力图解决广西北海银滩泥化与硬化问题。主要结论如下: (1) 银滩海域潮间沙滩岸边和高潮带泥沙特征为浅黄色细砂, 水下岸坡沉积物为砂质覆盖, 向海则变为泥质沉积, 银滩泥化滩面泥沙中含有较高的“腐泥”成分; (2) 银滩附近几个主要排污口的污水能够进入银滩海域, 悬浮物浓度高值出现在江河或排污口入海口附近; (3) 从泥沙输运的直接来源和污水排放导致的间接来源分析沙滩的泥质来源, 人类活动的过度频繁造成了大量污水排入银滩海域, 势必携带大量的污泥进入该海域; (4) 入海泥沙在排放口附近海域落淤, 污水中的“腐泥”成分在一定海洋动力条件下, 在经历长期的累积固结过程, 使沙滩发生泥化与硬化现象; (5) 提出了适当的防治对策和建议, 开展银滩整治工作。

**关键词:** 北海银滩; 泥化与硬化; 泥沙来源; 近海沉积物

**中图分类号:** TV148 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2017)06-0083-06

## 1 引言

砂质海岸和淤泥质海岸是我国大陆海岸的重要组成部分, 近年来随着滨海旅游业的发展和人类活动的影响, 自然海滩和人造沙滩出现了不同程度的硬化、泥化, 甚至退化现象。沙滩泥化、硬化问题本身非常复杂, 需要利用多学科方法分析探讨, 并由其物理、化学和生物过程确定, 同时也与人类活动息息相关, 例如大陆坡的稳定性、港口航道和码头工程、沿岸污水排放、旅游业的发展和人类活动等。国内外学者在动力条件下的泥沙输运归宿、海滩侵蚀等方面取得了一定的研究成果<sup>[1-3]</sup>, 但对于岸滩的“泥化硬化”问题研究较少, 缺乏解决泥化硬化问题的方法和相关经验。连云港墟沟人工沙滩泥化现象, 2006年连云港政府为了改善岸滩环境, 对墟沟天然沙滩进行修复, 建成“在海一方公园”人工沙滩, 然而不久即发生淤泥落淤, 形成泥滩。深圳原“海上世界”旁的小海湾, 上世纪曾建离岸堤, 并

在湾顶天然海滩基础上填沙建造人工沙滩, 建成后大量的细颗粒泥沙在湾内沉积, 沙滩细化衰亡向泥滩转化, 发生了泥化硬化问题, 最终导致整个泻湖水域的淤积并岸成陆<sup>[4]</sup>。

北海银滩素有“天下第一滩”的美誉, 沙滩以“滩长平、沙细白、水温净、浪柔软”著称, 是我国南方理想的滨海浴场和海上运动场所。近十年, 因供沙条件变化和人类活动影响, 沙滩出现了泥化、硬化, 甚至黑化现象, 并可能进一步导致海滩的退化、衰亡。基于多学科分析方法, 结合银滩海域沉积物采样调查、水下地形地貌调查、泥沙来源分析、沿岸泥沙运移趋势研究, 从粘性细颗粒泥沙的基本理论出发, 分析沙滩泥化硬化形成过程。通过对泥化与硬化问题的分析研究, 为沙质海岸沙滩中长期演变的预测提供思路。

## 2 现状调查分析

收稿日期: 2016-12-05; 修回日期: 2017-03-16。

基金项目: 国家自然科学基金优秀青年科学基金项目(41222038); 国家重点研发计划课题(2016YFC1401605)。

作者简介: 张春华(1969-), 男, 高级工程师, 大专, 从事海洋生态监测与保护、海域使用论证与价值评估等研究。E-mail: zch1213@sina.com

## 2.1 沉积物调查

北海银滩具有典型海湾生态系统的面貌和特征,海底地貌类型主要有:潮流冲刷深槽(航道)、前三角洲、潮间沙滩、水下沙咀、水下岸坡等。潮间沙滩由冠头岭向东偏南沿岸到华侨渔港,长达8.0 km,宽0.3~1.0 km。潮间沙滩的岸边和高潮带取样分析表明,泥沙特征为浅黄色细砂,细砂含量达83.2%~84.1%,中砂含量14.8%~15.15%,粉砂仅占1%~1.6%,平均粒径为0.16~0.18 mm,分选良好,分选系数为0.56~0.64。水下岸坡分布于潮间带外缘,该段水下岸坡全长约10 km,宽度可达8 km,水深3~8 m,坡度较缓,水深0~4 m处坡度为4 m/800 m,水深4~8 m处坡度为2 m/1 900 m,从水深6~8 m处,坡度为2 m/2 400 m,水下岸坡由近岸向外海减小。水下岸坡沉积物为砂质覆盖,向海则变为泥质沉积。图1为北海银滩及附近海域水下地貌及沉积物类型分布图,图2为北海银滩区域概况。

调查结果显示银滩泥化滩面泥沙中含有较高的“腐泥”成分(见表1)。“腐泥”是近岸海水中有有机物存在的一种状态,其主要成分是有有机质碎屑,腐泥往往来源于城镇排污与船舶弃污等。沉积物类型调查表明:新港振渔港和北海港潮流冲刷槽内,分布有大量的粉砂质黏土,其粉砂含量为25%左右,黏土含量在24%~30%之间,平均粒径为0.009~0.024 mm,沉积物中细粉砂和黏土作为悬移质参与运移和沉积。

## 2.2 污染物排放调查

近年来随着城市建设的发展,北海市常住人口近30 a间城市人口增加了7.5倍;另外,随着旅游业的不断发展,北海市每年涌入大量的流动人口,人口的增加势必引起频繁的人类活动,导致生活污水急剧增加,这些污水最终将排入银滩及附近海域,污水中所携带的污泥将进入银滩海域。

银滩海域表层悬浮物浓度变化范围为8.3~20.5 mg/l,平均值为12.6 mg/l,底层悬浮物浓度变化

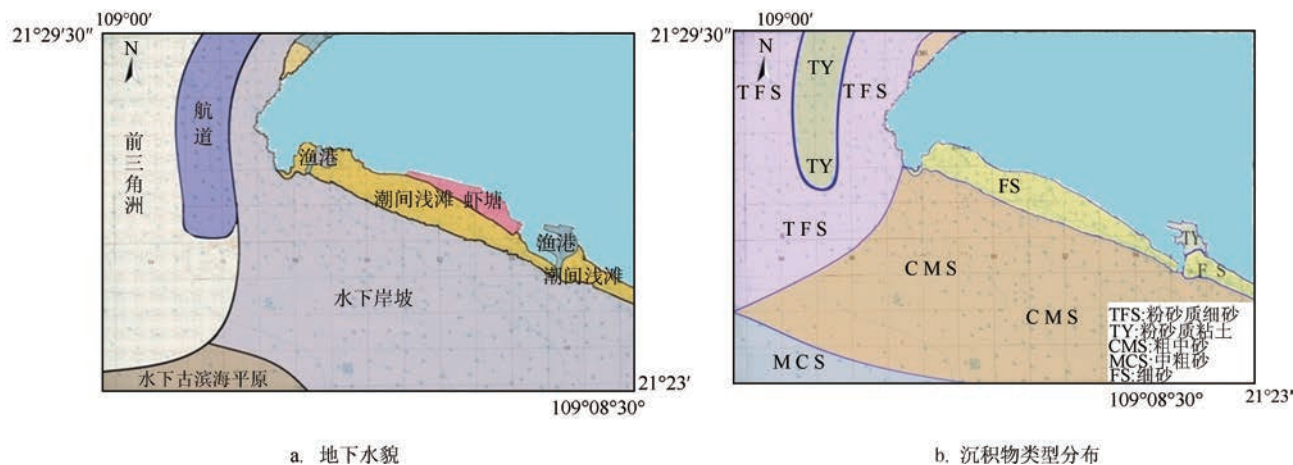


图1 银滩及附近海域水下地貌图及沉积物类型分布图

表1 银滩沙样采集表

样品名称	采样位置坐标		区域属性	样品性状
	经度/E	纬度/N		
1	109°9'6.688"	21°24'15.451"	高潮带	干粉沙,白色
2	109°9'6.655"	21°24'15.040"	高潮带	湿粉沙,白色
3	109°9'6.017"	21°24'13.603"	中潮带	湿沙,褐色夹杂灰黑
4	109°9'5.022"	21°24'11.230"	低潮带	湿沙,褐色
5				湿沙,含水多,褐色

注:样品1~5采集断面是垂直于海岸的银滩潮间带断面,采集顺序是由高潮带至低潮带,断面走向约250°,2013年11月取样。

范围为8.5~18.5 mg/l,平均值为12.4 mg/l。悬浮物浓度较低,空间分布差异不明显,表层略高于底层。悬浮物表、底高值区域位于冯家江入海口及朱砂海域,其等值线分布如图3所示。

银滩附近的几个排污口都是直排口,附近城区的污水可能未经处理直接排入附近海域。银滩附

近几个主要排污口排放的污水能够进入银滩海域,其中尤以四川南路排污口的影响最大,石油类的监测只有银滩正门排污、北海市红坎水处理厂排污口和金银鹰纸业有限公司排污口。由表2监测数据可看出,银滩码头排污口悬浮物浓度可达290.0 mg/l,化学耗氧量最大,可达480.9 mg/l,表明此处有机污染物含量高。结合滩面采样分析结果,有机污染物是泥化硬化的主要物质来源,对泥化和硬化具有重要作用。

2.3 水动力分析

多年气象资料统计表明,北部湾顶部区域风向具有明显的季节性,冬春盛行北-东北风,夏秋盛行南-西南风,风向与半岛两侧岸线走向基本成垂直<sup>[5-7]</sup>。根据北海地角测波站(109°05'E,21°29'N)7a统计资料分析:该海域常浪向为NNE向,频率18.9%;次浪向WSW向,频率11.9%;强浪向N及偏N,实测最大波高分别为2.0 m(N)、1.5 m(NNW)、1.4 m(NNW);次强浪向SW向为1.3 m<sup>[8]</sup>。

北海海域的潮汐类型为不正规的全日潮海域,

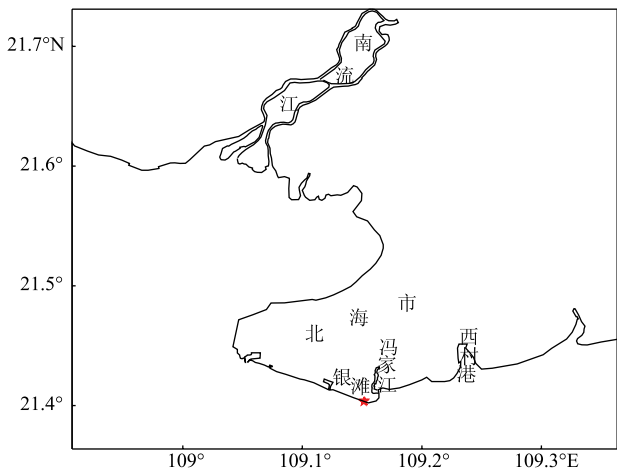


图2 北海银滩海域概况

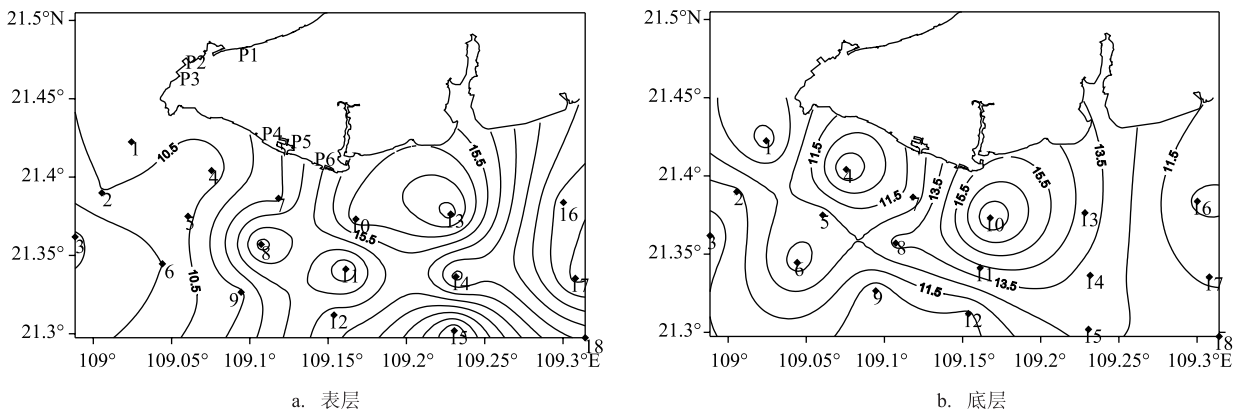


图3 银滩海域水质悬浮物等值分布(单位:mg/l)

表2 银滩海域陆源入海排污口海水质量分析(单位:mg/l)

样品号	排污口名称	石油类	悬浮物	总磷	化学耗氧量	氨-氮
P1	海城水产公司排污口	—	107.3	6.27	249.8	23.4
P2	地角综合排污口	—	17.0	7.98	466.8	14.1
P3	北海市红坎污水处理厂	8.6	40.8	3.28	364.2	5.8
P4	银滩码头排污口	—	290.0	6.04	480.9	12.6
P5	四川南路排污口	—	67.9	5.57	38.7	17.8
P6	银滩正门排污口	13.3	76.5	6.04	103.3	2.4

注:“—”表示缺失



主要受北部湾传入的潮波所控制<sup>[10]</sup>,北海站各月多年平均潮差在2.17~2.66 m之间,各季节潮差夏季大,春季小。一般涨潮历时比落潮历时长,平均涨潮历时为10 h 30 min,落潮历时为9 h 47 min,相差43 min。北海银滩海域涨潮历时大于落潮历时,而涨潮流速小于落潮流速,平均流速为0.2 m/s,最大流速不超过0.4 m/s。常规海况下,水文环境稳定,水体含沙量非常小,其平均值不超过0.02 kg/m<sup>3</sup>,底部泥沙难以发生再悬浮,自然净化率弱<sup>[11]</sup>。

北向和南向风作用下的风浪是海岸泥沙搬运和海岸地貌塑造的主要动力<sup>[9]</sup>。在波浪作用下,沿岸物质作横向运动,泥沙向岸运动形成外沙沙坝;同时也有纵向运动,形成泻湖沉积。一方面表明该海域的物质来自本岸段的基岩侵蚀作用,另一方面表明物质在西南向波浪作用下向北移动,但由于基岩提供的物质有限,沙嘴的增长速度十分缓慢,目前甚至逐渐缩小。

### 3 泥化硬化形成过程及防治对策

#### 3.1 泥沙来源

河口海岸泥沙运动来源情况如图4所示,主要包括陆向输沙和海向来沙,选取一段海岸控制体分析,具体来源有以下几个方面:沿岸输沙(L),向、离岸输沙(O),风引起的陆地来沙(W),径流输沙(R),海岸侵蚀(E)。北海银滩位于北部湾顶的开阔海域,由于北部湾北部海域水体含沙量较小,水质偏好,海向来沙影响较小;河流入海泥沙主要通过南流江和冯家江输入,是陆向来沙的主要途径;受近岸动力条件影响,沿岸输沙和海岸侵蚀的作用不可

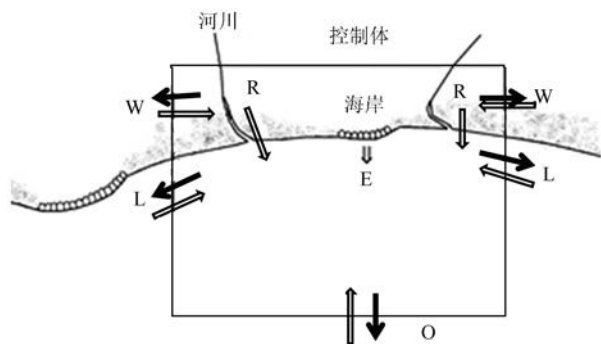


图4 泥沙来源

忽视。

(1)银滩海域岸滩稳定性:银滩海域滩面的大部分区域为不冲不淤或微冲微淤,南流江河流输沙对银滩区域的泥沙运动影响甚微,银滩海域冲淤总体处于平衡状态,岸滩基本稳定;

(2)工程设施对银滩的影响:银滩海域没有重大的工程设施,目前存在的一些小型工程设施对银滩的泥沙运动不会构成显著影响;

(3)污水排海:银滩周边的海洋产业近年来有了较大规模的发展,沿岸分布有渔港、养猪场和养虾场等。如银滩附近的渔港,现在大约有2 000余条渔船停泊,渔船上的生活污水、含油污水和生活垃圾等污染物缺乏有效管理,随意向大海中排放,加重了附近海域的水体污染。据现场观察,渔港水域的海水呈灰黑色,说明水质已严重恶化,港内水体在与周围水体交换过程中,将会使大量的污泥进入附近的银滩海域。

#### 3.2 泥化与硬化形成过程

##### 3.2.1 泥化与硬化

细颗粒粘性泥沙在海洋环境中往往以絮团形式存在。在海浪、海流等动力作用下,絮团不断地发生分散或絮凝<sup>[12-13]</sup>,絮凝状态下的细颗粒泥沙会以较快的速度沉降于海底,水体中含沙量较高时,会有大量的细颗粒泥沙在底床落淤,形成淤泥层。泥沙动力学研究表明,沉降在海底的细颗粒泥沙能够承受较大的起动流速,不容易再悬浮到水体中,而是倾向于滞留海底底床。底床附近的细颗粒泥沙经历长期累积,形成浮泥层,即“泥化”过程。

粘性细颗粒泥沙进入海水水体后,当水流减缓时受自身重力作用发生沉降,容易以絮团形式发生淤积并形成浮泥层,上层新沉积浮泥层受自重作用不断密实,而下层泥沙受上层挤压作用及自重影响不断固结,导致底床泥沙的体积密度随着时间趋向于增大。浮泥层进一步经历沉降、密实和固结的过程后,变成相对较硬的软泥层,即“硬化”形成过程。若细颗粒泥沙中含有较高比例的腐殖质成分,则软泥层将呈现黑色,即通常所说的“腐泥”。

##### 3.2.2 北海银滩泥化与硬化成因

海滩泥化硬化的形成过程是一个漫长而复杂的过程,主要受海岸动力、河口条件、人类活动、底

质类型和港口码头建设等影响。北部湾是一个半封闭海湾,潮差小,水循环能力不强,海水净化速度较慢,海洋生态环境相对脆弱。近年来,随着海岸带和海岛不断被深入开发,水产养殖缺乏科学系统的管理,大量生产生活污水排入湾,北海银滩周围海域的自然环境受到严峻挑战。砂质海滩出现泥化与硬化的原因,是在某一段时期内进入海域的外界泥沙来源增加,使得该海域水体含沙量增大,细颗粒泥沙淤积加剧所致。通过沙滩泥化与硬化形成过程分析,海滩泥化、硬化的基本条件是大量的粘土质泥沙在海滩上落淤。因此,调查银滩细颗粒粘性泥沙来源成为研究海滩泥化、硬化原因的一个关键环节。

(1)北海银滩附近海域入海污染源主要包括工业污染、市政生活污染等,通过排污口排入邻近海域,主要分布有8个陆源排污口:分别是银滩正门排污口、北海市红坎污水处理厂排污口、金银鹰纸业有限公司排污口、四川南路排污口、银滩码头排污口、地角综合排污口、高德镇入海水闸入海口、海城水产公司排污口,其中有3个排污口分布在银滩周边,5个位于西侧的廉州湾。根据调查结果,银滩附近的几个排污口都是直排口,城区污水未经处理直接排入海域;

(2)银滩附近海域分布有南万码头、侨港和咸田港,3类港口停靠大量渔船和油轮,港内水体在与周围水体交换过程中,将会使大量的重度污染海水进入附近的银滩海域;

(3)近年来银滩海域周边海洋养殖业有了一定规模的发展,沿岸分布有渔港、养猪场和养虾场等,这些海洋产业增加了污水的排海量,据现场调研,养殖水域的海水呈灰黑色,说明水质已发生一定程度的恶化。

因此,人类活动的过度频繁造成了大量污水排入银滩海域,主要原因有以上3个方面,城市生活污水、工业污水、船舶污水、养殖废水等都含有大量的泥沙成分,各种污水排海势必携带一定数量的污泥成分进入海域,入海泥沙在排放口附近海域落淤,一般都会形成黑色的腐泥层,腐泥在浪、流的作用下可能会向附近海域输送。“腐泥”成分在海水中呈悬浮态,在随水流漂移扩散的工程中,持续在海滩落淤,形成“淤泥”,经历一定时间的累积固结,使沙

滩发生泥化和硬化。

### 3.3 防治与对策

针对北海银滩泥化与硬化问题,从多角度多层面出发,提出相应的防治对策及建议,以期为沙滩综合整治提供技术支撑。

(1)建立统一的污水排海系统:兴建污水处理厂,将目前各排污口排放的污水统一集中处理后排放;城市生活污水和工业污水实行集中处理、深海排放,污水排放口的选址应远离银滩海域,确保排海污水不流入银滩海域;

(2)实施沙滩保滩工程:通过对北海银滩邻近海域现状调查、水动力环境,海水水质环境、沉积物环境、生物环境调查和监测,掌握沙滩的形态要素、物质组成,研究银滩沙滩冲淤演变规律,对银滩进行人工修复与养护,以维护银滩沙滩相对稳定;

(3)北海银滩附近区域实行综合整治:优化近岸废弃围堤及堤内滩涂养殖业;重点岸段岸线修复,海底清淤;近岸海域海洋工程废弃物清理等;

(4)海岸带生态修复及保护:建设集科研保护、旅游、教育等功能于一体的大冠沙海洋生态公园,公园内建设红树林保护区、修建水上观测观赏平台、科研基地和科普教育中心;

(5)加强银滩常规监测工作:由具备海洋环境监测资质的业务部门制定切实可行的监测计划,合理布置监测断面及站点,对北海银滩开展包括海岸变化、沙滩消长、水质、潮汐、海浪、生态、水文气象、地质、水动力等项目在内的动态监测工作。

## 4 结论

基于泥沙输运基本理论,并结合北海银滩沉积物采样分析、排污口调查、污染物排放调查和多学科分析方法,对北海银滩泥化硬化问题进行了初步的探讨,以便为沙质海岸沙滩长期演变规律的预测分析提供思路。

北海银滩发生泥化硬化的主要原因可以归结为人类活动超过了岸滩承载能力,主要包括:(1)城镇排污等;(2)港口船舶弃污;(3)养殖废水;(4)银滩区的旅游活动等。污水中的“腐泥”成分在一定

海洋动力条件下,在经历长期的累积固结过程,使沙滩发生泥化与硬化现象。

#### 参考文献:

- [1] 李梦国. 海岸河口泥沙数学模型研究进展[J]. 海洋工程, 2006, 24(1): 139-154.
- [2] 刘家驹. 海岸泥沙运动研究及应用[M]. 北京: 海洋出版社, 2009.
- [3] 刘金贵. 近岸泥沙输运过程及其三维数值模拟研究[D]. 南京: 河海大学, 2010.
- [4] 刘韬. 同安湾人工沙滩泥化问题的影响研究[D]. 南京: 河海大学, 2008.
- [5] 邓朝亮, 孔宁谦. 广西沿海的风况特征[J]. 海洋预报, 1999, 16(1): 71-78.
- [6] 安洁, 齐琳琳. 南海沿岸近海地区大气特征分析[J]. 海洋预报, 2014, 31(4): 54-62.
- [7] 梅勇, 宋帅, 周林. 北印度洋-南海海域海浪场、风场的年际变化特征分析[J]. 海洋预报, 2010, 27(5): 27-33.
- [8] 甘富万, 孙晋东, 赵艳林, 等. 基于 WRF 风场再分析的银滩波浪场数值模拟[J]. 广西大学学报(自然科学版), 2016, 41(5): 1342-1348.
- [9] 谷东起, 吴桑云. 廉州湾南部海域泥沙来源及运移趋势分析[J]. 黄渤海海洋, 2001, 19(1): 25-31.
- [10] 李炎, 胡建宇. 北部湾海洋科学研究论文集 2—物理海洋与海洋气象专辑[M]. 北京: 海洋出版社, 2009.
- [11] 肖晓. 南海北部湾底质沉积物粒度和泥沙运移趋势研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015.
- [12] Winterwerp J C, van Kesteren W G M. Introduction to the Physics of Cohesive Sediment Dynamics in the Marine Environment[M]. Delft, The Netherlands: WL/Delft Hydraulics & Delft University of Technology, 2004.
- [13] Lick W. Sediment and Contaminant Transport in Surface Waters [M]. London: CRC Press, 2008.

## Studies on muddy and consolidating process at Silver Beach in Beihai

ZHANG Chun-hua<sup>1</sup>, LIU Jin-gui<sup>2,3</sup>, YANG Jing<sup>2</sup>

(1. Beihai Marine Environmental Monitor Center of State Oceanic Administration, Beihai 536000 China; 2. National Marine Environmental Forecasting Centre, Beijing 100081 China; 3. Key Laboratory of Research on Marine Hazards Forecasting, National Marine Environmental Forecasting Centre, State Oceanic Administration, Beijing 100081 China)

**Abstract:** Based on the field investigation data, near-shore hydrodynamic condition and basic principles of cohesive sediment, the muddy and consolidating problems were tried to be resolved in this paper. Several conclusions were presented. (1) The character of sediment at near-shore and near high-tide-level coast is light yellow fine sand. Submarine slope of coast is covered by sand while the sea-ward becomes muddy deposition. There is a great number of decayed mud in sand front around Silver Beach. (2) The sewage from several main waste exits can enter into the areas. The high value of suspended particles appears near estuary and sewage exits. (3) Direct source of sediment transport and indirect source from sewage were analyzed to propose the source of clay. Anthropogenic processes cause plenty of sewage discharge into the coastal areas, which carries amount of decayed mud into the areas. (4) The cohesive sediment deposits near the sewage exit, then decayed mud gradually experiences a long process of accumulation and consolidation under certain oceanic dynamic conditions, which causes sand beach become muddy and consolidating. (5) Several proper suggestions are proposed in order to develop the regulation and improvement.

**Key words:** muddy and consolidating; Silver Beach in Beihai; sediment sources; coastal sedimentation; sediment transport