



# 漳州南太武海滩泥化综合整治

付博新, 刘林

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

**摘要:** 南太武海滩前部水域浪小流弱, 九龙江和近岸陆域排洪排污对海滩直接影响较大, 造成严重的沙滩泥化和环境问题。面对复杂的外部边界条件, 综合海岸动力学、生态学、环境学等多学科的方法, 统筹城市排洪排污需求和景观生态需要, 分析沙滩泥化的现状和机理, 从技术、经济和生态方面论证了治理方案的可行性, 并创新性探索减淤屏在整治海滩泥化工程设计中的应用。

**关键词:** 沙滩泥化; 综合整治; 沙泥分界线; 减淤屏

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)10-0050-07

## Beach mudding comprehensive regulation of Nantaiwu in Zhangzhou

FU Bo-xin, LIU Lin

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

**Abstract:** There are two main reasons which make the serious mudding and pollution in Nantaiwu beach. Firstly, in front of Nantaiwu beach water area, the wave is small and the trend is weak; secondly, Jiulong river and coastal land sewage water have a direct and great impact on the beach. Facing with complex external boundary conditions, this study integrates coastal dynamics, ecology, environmental science and other disciplines, considering the needs of urban sewage drainage and landscaping, then analyzes the current situation and mechanism of mudding. From technical, economic and ecological views, this study demonstrates the feasibility of regulation scheme, and innovatively applies siltation reducing shield into engineering design.

**Keywords:** beach mudding; comprehensive regulation; sand and mud boundary line; siltation reducing shield

### 1 研究背景

南太武海滩位于漳州开发区大磐浅滩西侧, 海滩西侧为南太武高尔夫球场, 北侧为南炮台滨海景观带, 南侧为卓岐海堤和洪厝填海区, 东侧 1 km 为已完成填海的双鱼岛, 见图 1。

南太武海滩基本呈南北走向, 长度约 2.7 km, 滩面宽度约 100 m, 海滩中潮带和低潮带表层大面积泥化(图 2), 影响了海滩的景观价值。为了解决海滩泥化的问题, 漳州开发区组织开展了南太武海滩泥化及滨海浴场综合整治方案研究<sup>[1]</sup>, 目的是提升海滩的旅游休闲功能, 为下一步海滩修复设计提供科学依据。



图 1 区域位置

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 付博新(1981—), 男, 博士, 高级工程师, 从事港口航道工程规划与设计工作。

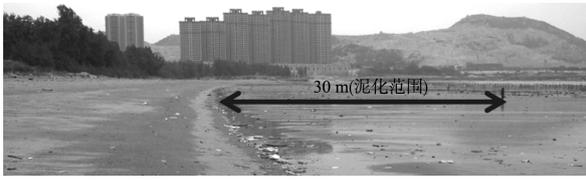


图 2 南太武海滩现状

## 2 自然条件分析

### 2.1 潮流分析

根据厦门海洋站多年潮位资料统计分析, 工程区属正规半日潮, 南太武海滩外侧水流基本呈往复流, 平均流速 0.32~0.46 m/s; 海滩附近为旋转的漫滩水流, 平均水流速度仅为 0.05~0.08 m/s。工程海域平均潮差 4 m, 最大潮差 8 m, 主要波能方向为 ESE-NNE, 主控波能方向为 E 向。

### 2.2 泥沙分析

海滩及其附近水域的悬沙主要来源为九龙江入海悬沙、大磐浅滩及临近浅滩波浪掀沙作用、陆域海排的洪水 3 部分, 其中九龙江入海悬沙和浅滩波浪掀沙为间接作用, 陆域海排的洪水为直接作用。

如图 3、4 所示, 从悬沙和底沙粒径及底质取样分布看, 本海域泥沙主要为淤泥质粉砂, 底沙中值粒径与悬沙相近且稍大于悬沙粒径, 可以看出当地泥沙运动以悬沙运动为主。工程区水体悬沙浓度仅 0.05~0.06 kg/m<sup>3</sup>, 悬沙粒径为 0.009 mm, 底质粒径自岸向海逐渐变细。

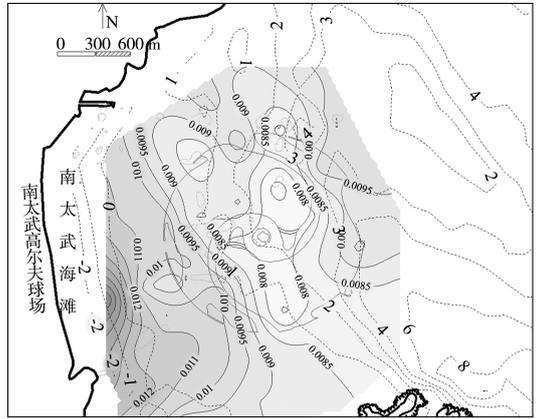


图 4 大磐浅滩底质粒径空间分布(粒径:mm;等高线:m)

### 2.3 南太武海滩泥化特点分析

1) 横向看, 海滩沙质基底宽度约 50 m, 外侧淤泥逐渐增多, 淤泥厚度约 0.2~0.6 m; 纵向看, 海滩南侧大径排洪渠外侧淤泥范围较广, 厚度较大, 且存在多处潜礁石; 海滩中部较好; 海滩北侧中等。

2) 从海滩沉积物粒径的横向分布看, 上部、中部、下部分别为 0.3、0.25、0.01~0.03 mm, 外侧为 0.07~0.01 mm; 纵向分布看, 海滩核心区粒径为 0.3~0.4 mm; 垂向分布看, 海滩沙泥分界线以下淤泥厚度为 0.1~0.4 m。

3) 沙泥分界线平均高程 0.1 m 左右(以当地理论深度基准面为基面, 下同)。

4) 海滩前部水域在双鱼岛建成前和建设中年均淤积深度分别为 0.06、0.1 m/a。

## 3 海滩泥化机理分析

### 3.1 国内外研究进展

国外海滩养护研究的主要目的是防止海岸侵蚀<sup>[2]</sup>; 国内海滩养护既有防止海岸侵蚀的人工抛沙<sup>[3]</sup>, 也有淤泥质海岸的人工海滩工程, 前者案例如大连、秦皇岛、厦门东海岸和海南等地, 后者以天津和上海最为典型。关于海滩泥化机理的研究, 国外研究成果很少, 国内最早针对海滩泥化问题开展动力学机理研究学者为南京水利科学研究所徐啸等<sup>[4]</sup>。

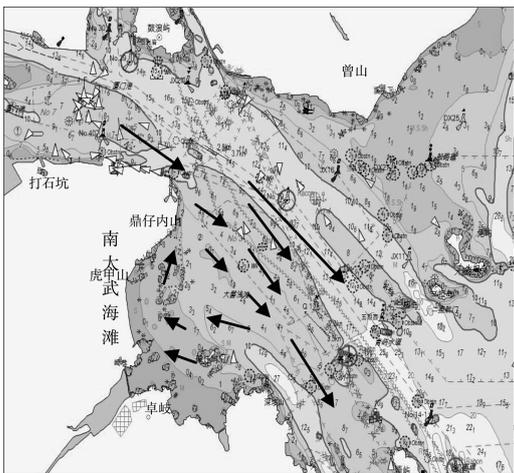


图 3 大磐浅滩悬沙运移路径

海滩是否发生泥化,以及泥化线的位置与海滩所处的外部水沙环境、波浪动力条件和潮位等因素直接相关。在一定的水体悬沙条件下,波浪越大,则波浪对海滩沉积底质的分选性越好,从而形成波浪掀沙、水流输沙的泥沙运动规律。粗颗粒被起动悬扬之后,因重力作用,一般的水流条件难以将其带到外海。细颗粒的黏性泥沙,因动水沉降速度慢,容易随着落潮流带入到外海,并逐渐沉降在海洋底部。因风浪的掀沙能力随着水深的增加而降低,落在外海的底泥难以被再次起动悬扬。近岸沉积的淤泥则随着潮位的潮起潮落和波浪的双重作用,不断被带到外海沉降淤积。因此造成沙质海岸自岸向海底质粒径逐渐变细、黏性细颗粒泥沙逐渐增多的分布规律。

特定海域,波浪越大则底质粒径越粗化、分选性越好、含泥量越低、沙泥分界线则离岸越远。水体的含沙量越大,则底质分选性越差、沙泥分界线也更靠岸一些。此外,海滩断面以及粒径的分布规律还与波浪水质点的垂向运动规律有关,近岸波浪净质量输送流存在垂向差异,底部和表层净质量输送流向岸,而中部则流向外海,体现在海滩沉积物上的表征特征就是海滩上部粒径粗、中部粒径较细,滩肩位置存在明显的垃圾。

### 3.2 南太武海滩泥化成因分析

1) 南太武海滩的粒径较粗的沙粒来自于周围岸礁的海岸侵蚀。

2) 海滩外侧的淤泥主要来自于九龙江河口湾向外海扩散的悬浮泥沙,经过落潮-涨潮过程向近岸水域的二次搬运;其次是卓岐内湖及卓岐海堤外侧的淤泥质沉积在波浪和涨潮流的作用下向北扩散。根据模型试验及相关现状分析,海滩北口和南口的输沙比率约为1:3,南口是涨落潮泥沙输运的主要通道。

3) 在洪水条件下,大径村排洪渠悬沙淤积在排洪渠口门位置,造成排洪渠口门位置滩面高度增加,直接影响海滩南部水域,南侧海滩外侧大面积的泥滩为直接证据;高尔夫球场北侧排水管涵,排出的水浊度较小,对北侧海滩的泥化影响

较小,但会改变海滩的地形特征。

4) 双鱼岛建成后,水流路径变为绕岛北上行,流速虽增加,但不会明显改变泥沙的冲淤环境。大径排洪沟排水可直接对海滩南部造成直接影响,人工岛未建之前,波浪掀沙作用可一定程度上将海滩上沉积的淤泥带入外海,人工岛建成之后,波浪掀沙力量明显减弱。以上分析表明,工程区浪小、流缓,外部悬沙持续来源是造成海滩泥化的主要原因。

南太武海滩经历了人-地以及陆-海相互作用的长时间变化,缺少必要的监测数据来详细论证各个影响因子对海滩泥化变化的关系。根据黏性泥沙来源、外部条件以及海岸动力的变化,各个影响因子对南太武海滩发展变化历程起到的作用见表1。

表1 影响因子及作用分析

影响因子	作用
九龙江河口湾泥沙扩散	泥沙间接来源
大径村排洪口	泥沙直接来源
卓岐海堤外侧浅滩	泥沙间接来源
滩涂近海养殖	消浪促淤
填海造陆、双鱼岛建设	消浪促淤

根据前述对泥沙来源、影响因子、海岸动力学机制、双鱼岛形成前后各水水泥沙要素的分析,解决海滩泥化的核心是降低外部泥沙来源,消除陆域泥沙污水直接海排的不利影响,并增加海滩前部的波能。

## 4 南太武海滩整治措施类比分析

### 4.1 整治方案原则

#### 1) 功能分区。

海滩北侧为高尔夫球场护岸,外侧礁盘较多,不宜作浴场;海滩南侧落潮时同样存在礁石,因此海滩南北两端的区域划分为礁石景观带。海滩中部长度约2 km 区域为滨海浴场核心区(图5)。

#### 2) 视觉改善。

海滩平均海平面以下滩面上淤泥逐渐增厚,落潮时景观较差,因此沙泥分界线之下淤泥需清除。一般风浪条件下,为降低波浪掀沙引起水体浊度增加,同时保证平均低潮位时的安全性和视觉效果,经论证分析,沙滩外滨区需清淤至-1 m 高程。

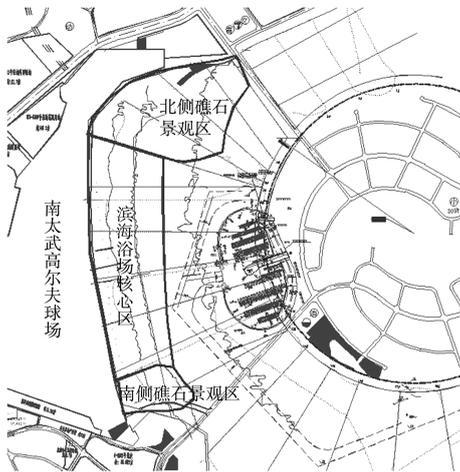


图 5 海滩功能分区

### 3) 排污改造。

海滩北侧高尔夫球场有一处排污管道; 海滩南侧大径村排污口宽约 30 m。为保证本海滩与南侧海岸景观相结合, 需将两处排污口整合后改道, 尽可能减少洪水污泥对海滩的不利影响。

### 4) 沙滩再造。

为保证整个滨岸的连续性, 同时考虑海滩的娱乐功能, 综合类比国内外滨海浴场的特点, 海滩滩肩宽度取 10~30 m 为宜, 平均低潮位之下的外滨区取 20 m 左右为宜。

### 5) 降低海滩泥化速度。

南太武海滩因外侧双鱼岛建成后年平均波高降低, 泥沙分界线上移至平均海平面附近。因此, 为降低海滩泥化速度, 可考虑海滩前方水域开挖至一定水深, 从而增加海滩上的波高, 降低泥沙分界线高程。此外, 还可从降低水体含沙量角度, 尝试采用减淤屏、沉淀池、水闸等工程措施, 但实际效果需因地制宜, 开展进一步的论证分析。

### 6) 健康安全环境标准。

①根据我国海水浴场环境要求<sup>[5]</sup>, 水质须高于二类水质, 南太武海滩要达到水体及海滩沉积物质量要求; 此外, 若能进一步降低水体悬沙浓度, 使海水浊度下降, 则浴场质量会显著提升。

②海滩上垃圾和杂物需定时清理, 日常维护需管理到位。

③海滩南部直接面对游艇码头, 保证浴场外边界与游艇航道之间的安全距离。

④维持滨海浴场水体环境需保证良性的水体交换。

## 4.2 整治措施类比分析

### 1) 减少海滩淤泥来源。

首先清除海滩上的淤泥, 以降低波浪破碎掀沙带动淤泥向近岸移动。其次, 进一步降低海滩周围淤泥滩地高程以降低风浪天的水体含沙量, 使海流带来的悬沙在海滩外侧水域逐渐落淤, 使沙-泥分界线高程降低。

根据国内外泥沙防护技术手段, 具有代表性的减少滩地泥沙来源措施如表 2 中 A1~A4。横向对比各种措施和方案, 对海滩周边进行清淤是短期内消除泥化最直接最有效的方案(图 6); 考虑到长远影响以及提高整个水域环境质量, 需将海滩前部以及南北两侧全部清淤至 -1 m 高程, 而卓岐海堤外侧种植生态红树林方案兼具减少淤泥来源、改善生态环境和景观等多重功效(图 7)。

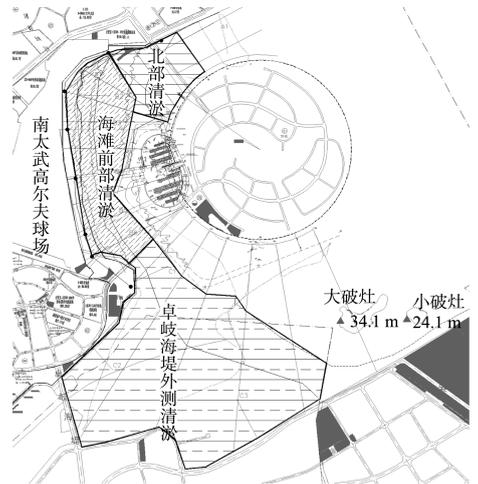


图 6 清淤方案



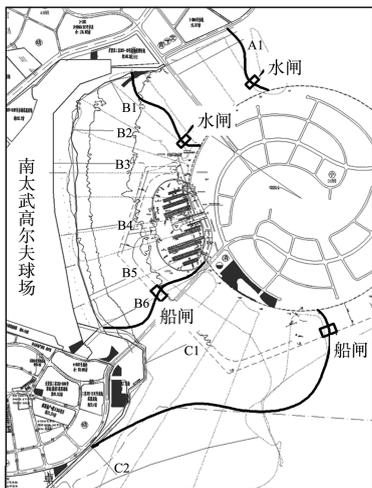
图 7 生态修复红树林方案

## 2) 减少外部悬沙来源。

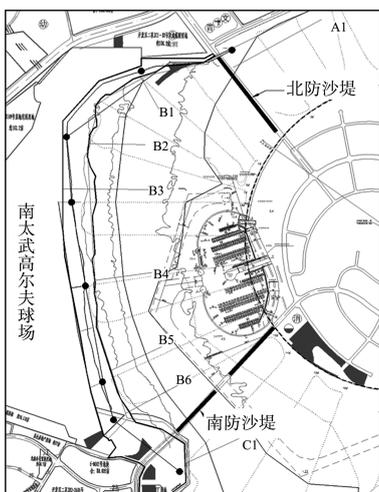
### ①对比分析。

虽然九龙江河口湾南下入海泥沙对海滩前部水域的悬沙浓度增加贡献较小，但涨潮流时对海滩前部水域产生一定程度的不利影响，因此可通过建立防沙堤或减淤屏等工程措施把水体中悬浮颗粒物挡在外部水域(图8)。

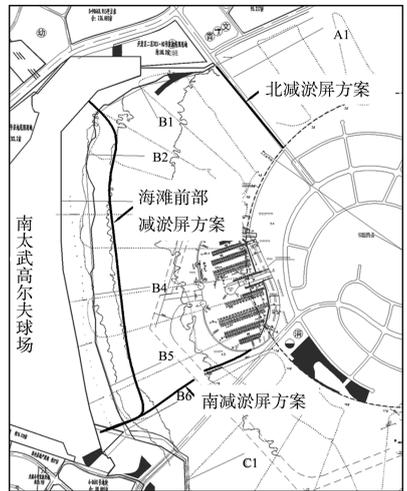
除表2中B1~B8中描述的优缺点，防沙堤相比之下一一次性投入高、景观效果差，且不利于水体交换；沉降池方案定期维护成本高；减淤屏方案理论上具有一定可行性，但缺乏减淤屏利用海滩促淤防护的工程案例，有待研究论证和实践验证。



a) 水闸方案



b) 防沙堤方案



c) 减淤屏方案

图8 减少外部悬沙来源方案

### ②减淤屏方案。

减淤屏受港口疏浚中较环保的拦污屏启发(图9)。



图9 港口疏浚中的拦污屏

拦污屏是在围油栏的基础上增加下浮裙摆，裙布材料采用不同孔隙比的滤网材料，一般应用于港口航道疏浚引起的浑浊水扩散，布放后可从水面至水底形成一道挡住泥沙、悬浮物和水可自由透过的帘幕，不阻碍水体交换又能将清洁区与污染区隔离开来。浮体包布为PVC双面涂覆塑料布，浮体为聚苯乙烯泡沫，下端有配重以保持垂直稳定性。拦污屏两端及中间有锚座，便于布放时连接锚绳。

拦污屏的主要机理是缓流促淤，而非单纯的渗透过滤。从缓流促淤角度分析，水流过水断面变小，流速降低，悬沙沉降，从而降低海滩前部

水域的水体悬沙浓度。因此, 虽然孔径大于悬沙粒径, 也可实现促淤功能, 同时阻挡外海垃圾。

经改造优化提升, 使之适合于近岸浅滩的高潮差环境, 同时降低消浪的不利影响(图 10)。经咨询厂家了解到: 耐久性大约 2~5 a; 减淤屏的普遍空孔径最小为 0.2 mm, 但本海域悬沙粒径为

0.009 mm, 拦截粒径大于 0.1 mm 沙质颗粒有效, 若缩小孔径则造成水流阻力加大, 容易发生阻塞。能否拦截漳州海域的悬移质细颗粒黏粒问题、潮差风浪大海域的受力分析、更换维护标准和周期问题、以及生物附着生长的不利影响均有待相关试验的验证和进一步的研究论证。

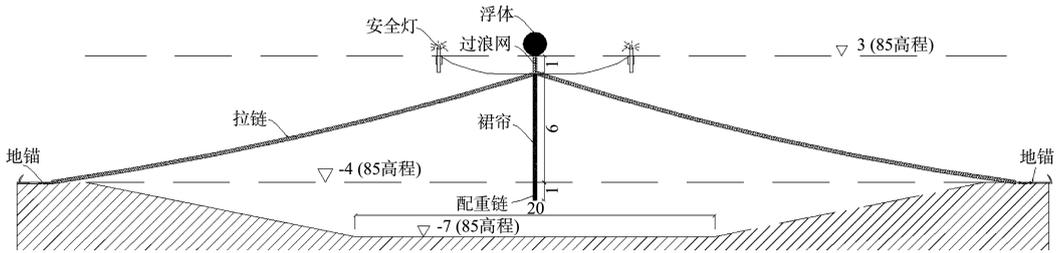


图 10 减淤屏断面(单位:m)

### 3) 排洪排污改造。

大径排污口对排洪涨急、落急污水浓度等值线见图 11, 说明该排洪排污口对海滩泥化影响非常之大, 因此海滩南侧的大径排洪沟必须充分治理。可将北侧高尔夫排污口深埋并改线汇至南侧排洪沟, 而后再将排洪沟改道至规划污

水处理厂南侧入海。为了进一步降低涨落潮污染物扩散对海滩的不利影响, 需建设适当长度的排污导流堤, 建议长度为 200~300 m, 堤头位于涨潮分水点位置, 采用流线型布置, 将城市排洪排污导入外海, 从而尽可能降低对海滩的影响, 见表 2 中 C1~C3。

表 2 整治措施类比分析

方案	编号	说明	优点	存在问题
清淤方案	A1	海滩前部清淤	增大波高、改善景观	定期清淤
	A2	海滩北侧清淤	同上	同上
	A3	双鱼岛南、卓岐海堤潮滩清淤	同上	同上
生态方案	A4	卓岐海堤外侧建生态红树林	水体含沙量降低、改善景观	生态修复难度大、不利于泄洪
防沙堤方案	B1	海滩北口潜堤	降低少量泥沙来源	影响水体交换、降低波能
	B2	海滩南口防沙堤	降低南侧输沙影响	同上, 且不利于游艇进出
	B3	渗流堤方案	水体悬沙浓度降低	易堵塞, 持续性差, 降低波高
沉降池方案	B4	海滩北口沉降池	水体悬沙浓度降低	水体交换和景观不利, 降低波高
	B5	海滩南口沉降池	同上	同上
减淤屏方案	B6	海滩北口减淤屏	水体悬沙浓度降低	减淤屏生物附着易堵塞, 需定期更换, 无成功经验, 降低波高
	B7	海滩南口减淤屏	同上	同上
	B8	海滩前部减淤屏	同上	同上, 且割裂了海滩和双鱼岛
北侧高尔夫排污口	C1	深埋方案	改造难度小	景观差, 对北侧沙滩影响大
	C2	改线汇至南侧排洪沟	对海滩影响小, 改善景观	改造难度大
南侧大径村排洪沟	C3	渠化+排污导流堤	减少排污、改善景观	需结合市政排洪对导流堤充分研究, 设计难度大

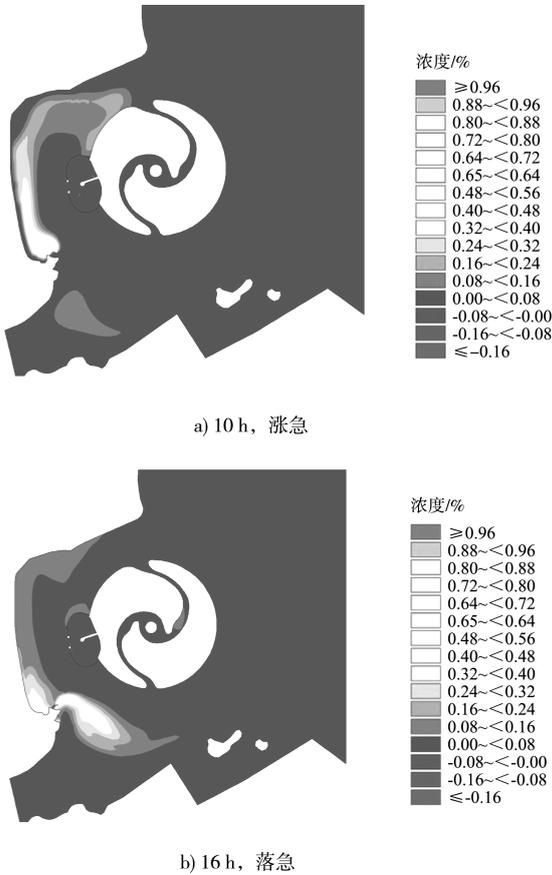


图 11 大径排污口对排洪涨急、涨落浓度等值线

### 5 整治方案效果评价

南京水利科学研究院于 2015 年 4 月提交了上述方案的数学模型试验成果<sup>[6]</sup>，主要对各方案的水流运动规律、波浪变化情况、水质点运移趋势、污染物浓度扩散及回淤情况进行了模拟预测。参考模型试验结果，深入分析不同的整治方案，对海滩泥化整治措施效果做出如下定量评价：

- 1) 减少外部泥沙来源。通过水域清淤及改造卓岐海堤外侧浅滩提高整个双鱼岛西侧海域的水体环境，淤积平均降幅约 50%。
- 2) 排洪排污改造方案。大径排洪渠和山湾排洪渠合二为一，南下改道入海，并在渠口设置防沙堤，堤长 200~300 m，堤头位于涨潮分流点位置，曲线采用流线型布置，可降低海滩外部泥沙来源约 10%，同时可显著隔离大径排洪对水质的不良影响。
- 3) 增加海滩前部波高。海滩前部及北侧海域清淤至 -1 m，可增加海滩前部波高 35% 左右。
- 4) 沙泥分界线变化。因水体含沙量降低和海

滩前部波能增加，沙泥分界线降低约 1 m 左右，海滩核心宽度可由现在的 30 m 增加至 50 m，可利用潮时由 4 h 增加至 6 h。

5) 减淤屏效果评价。减淤屏虽削弱波能 30% 左右，但降低了水体整体悬沙浓度，具有明显的技术、环境和经济优势，其效果有待现场试验后再评估。

6) 维护周期。因海滩前部需要保证一定的水深，建议每 3~5 a 进行一次维护性疏浚。

### 6 结语

1) 根据前述对泥沙来源、影响因子、海岸动力学机制、双鱼岛形成前后各水文泥沙要素的分析，解决海滩泥化的核心是降低外部泥沙来源，消除陆域泥沙污水直接海排的不利影响，并增加海滩前部的波能。

2) 本研究综合海岸动力学、生态学、环境学等多学科的方法，统筹城市排洪排污需求和景观生态需要，分析沙滩泥化的现状和机理，从技术、经济和生态方面提出切实可行的整治方案。通过对模型试验成果的分析，对海滩泥化整治措施效果进行定量评价。

3) 创新性探索减淤屏在整治海滩泥化工程设计中的应用，有待相关试验的验证和进一步的研究论证。

### 参考文献：

- [1] 中交水运规划设计院有限公司.漳州招商局经济技术开发区南太武沙滩泥化及海滨浴场综合整治研究[R].北京:中交水运规划设计院有限公司,2015.
- [2] 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(7):21-25.
- [3] 王广禄,蔡锋,曹惠美,等.厦门香山至长尾礁沙滩修复实践及理论探讨[J].海洋工程,2009(27):66-75.
- [4] 余小建,毛宁,张磊,等.人工沙滩研究[M].北京:海洋出版社,2012.
- [5] GB 30972—1997 海水水质标准[S].
- [6] 南京水利科学研究院.招商局漳州开发区南太武海滩综合整治工程数学模型研究报告[R].南京:南京水利科学研究院,2015. (本文编辑 武亚庆)