

· 综 合 ·



# 土福湾赤岭岸线沙滩修复技术探讨

周 剑<sup>1</sup>, 李培良<sup>2</sup>, 谭 凤<sup>1</sup>, 杨静思<sup>1</sup>

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007; 2. 浙江大学海洋学院, 浙江 舟山 316021)

**摘要:** 针对拦沙结构物优化问题, 以土福湾赤岭岸线修复工程为例, 分析了缩短拦沙堤长度而不影响航道的可行性。岸滩采用滩肩补沙方式, 缩短拦沙堤长度至 150 m, 允许沙子绕过拦沙堤进入备用蓄沙池。实地检验近 2 年, 期间遭受多场台风侵袭, 尤其是 2020 年下半年台风组团影响, 方案经受住了考验, 证明设计效果良好。旁通输沙方案也节省了投资。研究表明, 适当缩短拦沙构筑物也有可能达到预期成果, 为类似沙滩养护工程带来新的启示。

**关键词:** 沙滩养护; 拦沙堤; 旁通输沙系统; 效果评价

中图分类号: U 656

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)S1-0001-07

## Discussion on restoration technology of Chiling Beach in Tufu Bay

ZHOU Jian<sup>1</sup>, LI Pei-liang<sup>2</sup>, TAN Feng<sup>1</sup>, YANG Jing-si<sup>1</sup>

(1. CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China; 2. Ocean College, Zhejiang University, Zhoushan 316021, China)

**Abstract:** Taking the restoration project of Chiling Beach in Tufu Bay as an example, this paper analyzes the feasibility of shortening sand barrier length without affecting navigation conditions for optimizing the sand barrier structure. The plan adopts the beach berm nourishment technology and shortens the sand barrier length to 150 m, with sand allowed to enter the standby sand storage tank by bypassing the structure. During the field inspection in the past two years, the structure was attacked by many typhoons, especially in the second half of 2020. The plan withstood the test, which proves that the design effect is good. In addition, the sand bypassing solution also saves investment costs. This study shows that properly shortening the sand barrier structure may also achieve the expected results, bringing new inspiration for similar beach nourishment projects.

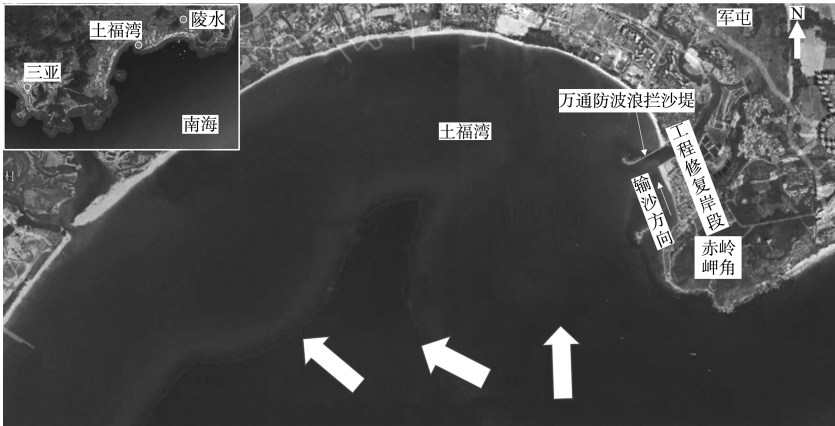
**Keywords:** beach nourishment; sand barrier; sand bypassing system; effect evaluation

拦沙堤、丁坝、离岸堤等是沙滩养护工程使用的常规结构物, 尤其是岬湾理论构建的人工沙滩。如三亚三美湾人工沙滩采用拦沙潜堤、防波潜堤以及两侧拦沙堤方案<sup>[1]</sup>, 乐东莺歌海人工沙滩采用两侧拦沙堤结合离岸堤群方案<sup>[2]</sup>, 潍坊滨海旅游度假区人工沙滩采用拦沙堤、丁坝方案<sup>[3]</sup>。这些工程共同点是结构物需足够长以起到掩护作用, 进而保证岸滩的稳定性, 沙滩补沙量和结构物长度最优组合是研究重点。结构物过短, 可能达不到预期效果; 但结构物过长, 一方面会导致投资过大, 另一方面会打破沿岸输沙的平衡, 使上下游岸段发生淤积或冲刷, 可能引发

新的海岸防护问题。传统研究中, 在河口沙坝海岸, 尤其是存在进港航道的水域, 一般要求结构物足够长, 如土福湾万通防波拦沙堤(图 1), 保护其西侧岸滩免受侵蚀, 也防止泥沙淤积航道<sup>[4]</sup>。但也有研究表明, 适当缩短结构物长度或增大构筑物透射率, 有利于岸滩动态平衡稳定, 尤其是在季节性变化明显的区域。如澳大利亚旺内鲁昆恩斯沙滩防护工程, 保持原有短丁坝, 允许沙子绕过结构物, 防护效果显著<sup>[5]</sup>。本研究以土福湾岸滩修复工程为例, 分析缩短拦沙堤而不影响航道策略的可行性, 可为类似修复工程积累经验。

收稿日期: 2021-12-23

作者简介: 周剑(1986—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事海岸动力及港口工程水文研究。



注：主波向 ESE—S(常浪向 ESE,次常浪向 SE 和 S)。

图 1 工程地理位置分布

1 沙滩修复思路

1.1 工程概况

工程濒临土福湾，位于海南陵水英州镇赤岭渔村岸线，南邻赤岭岬角，北临英州河口。土福湾是一个受基岩岬角控制的海湾，其地貌发育受岬角和波浪的控制。工程外海主波向 ESE—S，当波浪向岸传播时，因受赤岭岬角的影响，波峰线产生变形，在赤岭岬角岸段波向线密集、波能辐聚，产生侵蚀作用，沿岸输沙由岬角向湾内输移。北侧英州河集水面积小，输入湾内泥沙量很少；南侧受赤岭岬角阻挡，沙源供给不足，导致岸滩侵蚀严重，干滩宽度窄、高程低，部分在水下，见图 2。工程处于台风多发区，台风和风暴潮期间动力条件强、泥沙运动活跃，进一步加剧了沙滩流失。

赤岭岸滩前沿水域多为浅滩、暗礁，离岸有小岛掩护，水浅、浪小，大浪的衰减一定程度上延缓了泥沙输移。原美食街餐厅底部(桩基结构)仍保有沙滩，干滩长度约 14 m(图 3)，表明桩基结构的存在会起到固沙作用、利于岸滩稳定。因此尽管工程区域为侵蚀型岸段，但适当的工程措施可以达到修复目标。

该工程项目严格按照“海南省陵水县蓝色海湾整治行动实施方案”(以下简称“实施方案”)实施<sup>[6]</sup>。工程内容包括沙滩修复、拦沙堤、景观游步道建设以及景观绿化，其中沙滩按照景观沙滩(沉积物质量不低于第二类海洋沉积物质量<sup>[7]</sup>)进行修复，沙滩养护周期 5~10 a，同时保证当前赤岭渔港使用、维持英州河口通航条件。

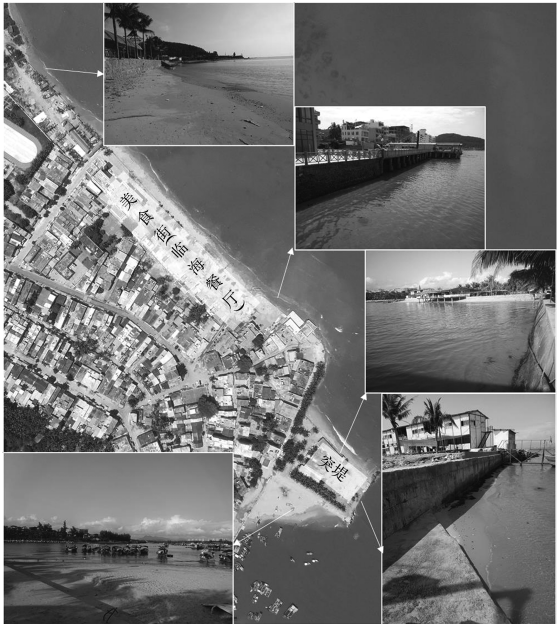


图 2 工程前岸滩状况



a) 原美食街临海段



b) 突堤临海侧



c) 突堤临河段

图 3 2017 年 2 月岸滩分布

1.2 设计方案

1.2.1 拦沙堤长度

通过对工程区域地形地貌和海岸动力分析, 得出最理想的修复方案是在赤岭岬角和离岸小岛之间抛填礁石或建设连岛堤, 进一步减少偏南向波浪对工程岸滩作用。但本工程为带案设计, 上述方案不满足实施方案要求。因此在费用有限的情况下, 如何平衡补沙量和拦沙堤长度, 又不影响赤岭渔港航道通航条件成为工程研究重点。

因为紧邻河口航道, 同时所在海域为风暴潮(台风)严重影响区, 按照传统思路, 拦沙堤须足够长, 避免沙子绕过堤头影响航道通航。但现场调研发现, 赤岭渔港现有渔船吨位小、吃水浅, 通航条件要求并不高。从历史卫星图片可以看到, 仅有拦沙丁坝情况下形成沙嘴(图 4); 突堤形成后, 无拦沙堤情况下(简易抛沙丁坝), 泥沙可绕过突堤, 在突堤临河段存在淤积, 均未影响赤岭渔港航道的通航条件。若在突堤建设拦沙堤进行固沙, 由于束窄作用, 水流集中, 将有利于泥沙向外海输运, 从而有利于维持航道水深, 对渔船通航有利。适当缩短拦沙堤, 不会给航道带来较大影响。



a) 2010-12-08



b) 2011-08-31

图 4 突堤处岸滩历史冲淤变化分布

泥沙专题研究报告显示拦沙堤最优长度不低于 200 m<sup>[8]</sup>, 和相邻动力相似的清水湾 JW 万豪酒店前防波拦沙堤泥沙淤积宽度相近。原拦沙堤长度为 50 m, 后经过多方争取批准修改为 150 m, 仍低于最优的拦沙堤长度 50 m。最终采用允许沙子绕过堤头方案, 形成两个蓄沙池, 拦沙堤长度确定为 150 m, 允许拦沙堤堤身段存在淤积区, 见图 5。即使在台风期间, 也不会影响航道。同时节省投资, 除本次修复后, 后期维护沙源不再外购。

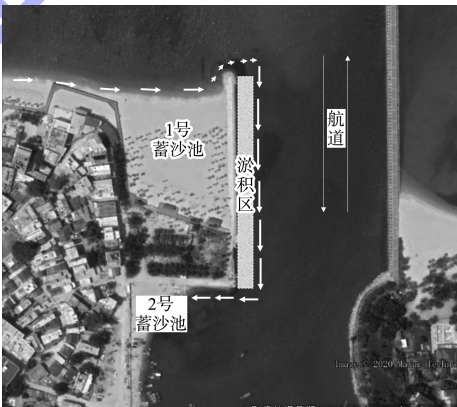


图 5 沙滩养护设计构思

1.2.2 采用养护结合方式进行沙滩修复

1.2.2.1 沙滩补沙方式: 滩肩补沙

海滩喂养模式最终采用滩肩补沙, 排除水下沙坝、沙滩引擎等补沙方式。

水下沙坝和沙滩引擎两个喂养模式存在如下问题: 1) 在台风等极端天气下, 可能会影响赤岭渔港航道; 2) 用沙量大, 增加投资; 3) 效率低、见效慢, 水域外侧多为浅礁、暗滩, 近岸水域波浪不大; 4) 与当地诉求冲突, 赤岭亟需景观沙滩打造疍家文化, 促进当地旅游业发展。滩肩补沙可以快速增加干滩宽度、增大海滩面积, 满足当地岸滩功能需求。



1.2.2.2 后期维护:旁通输沙系统

赤岭岸滩沙源供给不足，一直处于不平衡流失状态。为节省投资，充分利用现有沙源，不再外购，最终采用旁通输沙系统，即泥沙转运系统 (sand bypassing system)，构建主蓄沙池 1 号、备用蓄沙池 2 号，见图 6。当达到养护需求时(如沙滩整体流失达到 50%，部分岸段滩肩过窄等，养护周期约 5~10 a)，可将蓄沙池沙源运移到侵蚀段，因为大部分主体还在，此时采用沙滩引擎(二次养护)可能是最优的养护方式。若后期采用抛填礁石方案，则侵蚀岸段仍采用滩肩补沙方式。远期实施赤岭中心渔港，赤岭航道疏浚沙亦是备选沙源。



图 6 旁通输沙系统概念

1.2.2.3 沙滩设计尺寸

沙滩设计尺寸见表 1。岸滩冲淤变化和稳定性分析论证见泥沙专题报告。

表 1 沙滩修复和拦沙堤设计参数分布

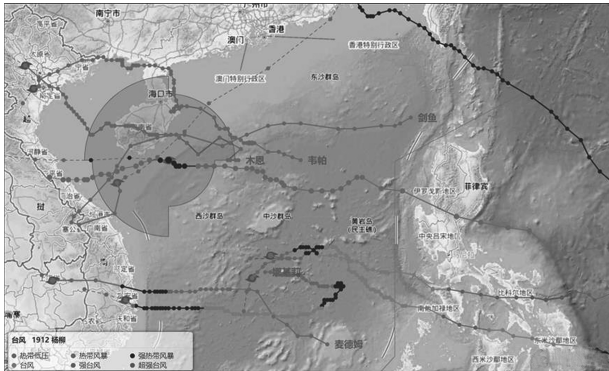
项目	设计说明
沙滩养护	拐角处未进行补沙。海鲜美食街前岸段:滩宽 30 m,前滨上坡比 1:15,下坡比 1:20,滩肩顶高程 2.8 m,补沙约 6.85 万 m <sup>3</sup> ;英州河出海口突堤段向海侧:滩宽 30 m,前滨上坡比 1:15,下坡比 1:20,滩肩顶高程 2.80 m,补沙约 2.25 万 m <sup>3</sup> 。总补沙量 9.1 万 m <sup>3</sup>
拦沙堤	自英州河出海口突堤至向海侧建设拦沙堤,堤长 150 m,堤顶宽度 4.0 m,堤顶高程 3.30 m
游步道	采用桩基结构形式,利于岸滩稳定

2 沙滩修复后评价

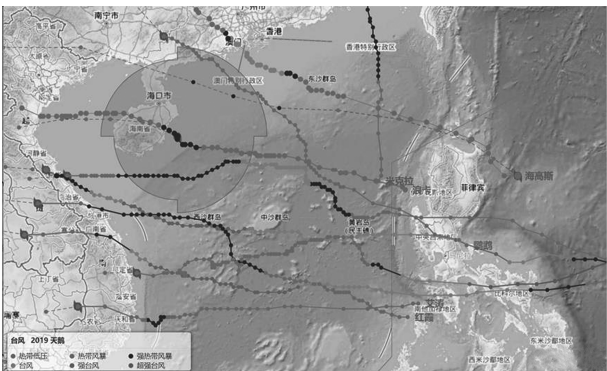
2.1 沙滩修复效果评估

本工程工期为 2018-06-20—2019-06-30，其中沙滩竣工日期在 2019 年 3 月。自沙滩养护工程竣工至 2021 已超 2 年，期间经历了多场台风考验(图 7)。受“拉尼娜”现象影响，“红霞”(2020-09-17)、“浪卡”(2020-10-13)、“沙德尔”

(2010-10-24)、“莫拉菲”(2020-10-28)、“环高”(2020-11-14)更是连续组团影响工程海域，伴随强风暴潮、强浪，给工程岸滩带来严重危害。经过多场台风侵袭，现场景观绿化椰树破坏严重，游步道台阶遭到淘刷，沙滩出现陡坎，但沙滩主体保持良好(图 8、9)。



a) 2019年



b) 2020年

图 7 工程实施后热带气旋分布





图 8 2020-11-20 台风过后现场踏勘



图 9 2020-11-20 和 2020-12-16 工程沙滩现状

人工沙滩在建成初期 1~2 a, 其平面和剖面会发生明显的冲淤变形。通过分析历史卫星图(图 10)可以获取本工程岸滩演变过程: 自赤岭岬角往北 200 m 范围内为侵蚀区, 干滩由设计 30 m 后退至 15~23 m(预期 15 m 左右会趋于稳定), 其中因南侧靠近赤岭岬角, 无沙源补充, 该岸段侵蚀严重, 干滩已退至 12 m; 侵蚀区往北, 沿原美食街干滩逐渐变宽, 美食街端部干滩约 50 m(预期 55 m, 基本一致, 仍处于动态发展中), 突堤临海侧干滩已淤满(干滩宽度近 150 m), 绕过拦沙堤抵达突堤后侧(图 6 中 2 号蓄沙池)。



a) 2019-03-28



b) 2019-04-11



c) 2019-06-08



d) 2019-07-28



e) 2020-03-04



f) 2021-02-21

图 10 沙滩修复后冲淤变化

根据工程海域海岸动力特性, 在施工前做了几个预判, 均得到验证: 1) 原美食街至突堤拐角处, 直接面对外海, 受波浪影响大, 易形成“凹”角, 尤其是台风期间更明显(图 11)。台风过后, 经过长期沿岸输沙(常浪作用), 该侵蚀点会淤平, 恢复平滑岸滩, 见图 10f)。预计后期岸滩稳定后, 若无二次维护, 拐角处将长期出现“凹”角。2) 南侧上游靠近赤岭岬角, 无沙源补充, 此岸段沙滩为侵蚀最严重地区(图 12), 为后期维护重点区域。3) 突堤海侧淤满后(1 号蓄沙池), 会绕过拦沙堤抵达 2 号蓄沙池。拦沙堤临河段堤身会有部分淤积区(图 13), 不影响通航条件。



图 11 2020-11-20 台风过后  
“拐角”岸滩现状

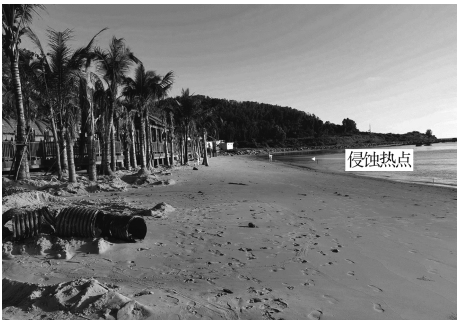


图 12 2020-11-20 赤岭岬角  
附近岸滩现状





图 13 2020-11-20 拦沙堤临河段泥沙淤积

2.2 沙滩设计后续建议

1)本工程岸滩一直处于动态不平衡状态,预期当南侧上游岸滩后退至 15 m 左右会趋于稳定,建议后续加强对岸滩地形的定期监测<sup>[9]</sup>,从自然环境效果、景观生态效果、沙滩资源效果和社会经济效果 4 个方面开展修复效果评估,为后期维护提供技术支撑。

2)通过分析近 2 年岸滩演变过程,建议本工程岸滩后期维护不再采用滩肩补沙方案,而是采用沙滩引擎方式,有利于岸滩长期生长,延长维护周期,减少维护费用。

3)在不影响用海规划前提下,论证抛填礁石方案的可行性。若后期采用抛填礁石措施,则侵蚀岸段后期维护仍采用滩肩补沙方式。

4)建议尽快推进二期工程实施,延长拦沙堤,有利于岸滩维护和航道的保持。

5)根据用海规划,南侧赤岭岬角远期将有新码头建设,会进一步减少波能传入,降低输沙能力,减缓沙滩侵蚀。建议后期维护措施应兼顾该远期规划,进一步降低养护费用。

3 结语

1)土福湾赤岭岸线沙滩修复工程拦沙堤长度为 150 m,短于最优尺度 50 m,但不影响通航条件。

2)滩肩补沙快速增加了干滩,满足当地景观沙滩需求。旁通输沙系统充分利用现有沙源,节省了费用支出。实地踏勘表明,修复效果良好,达到了预期。

3)后期维护建议采用沙滩引擎方式,有利于岸滩长期生长,延长维护周期,减少维护费用。但若后期改用抛填礁石措施,则侵蚀岸段仍须采用滩肩补沙方式。

参考文献:

[1] 莫文渊,纪桂红,谢琳,等.三亚三美湾和鹿回头湾人工沙滩设计[J].海洋地质前沿,2014,30(30):34-37.

[2] 陈海洲,谢琳.莺歌海三莺村岸段人工沙滩工程岸线数值模拟以及模型的验证方法[J].海洋科学,2020,44(4):44-51.

[3] 郭春玲,秦福寿,姚龙.山东潍坊人工沙滩的设计与研究[J].港工技术,2018,55(S1):6-9.

[4] 谢琳,陈斌,莫文渊.海南陵水土福湾岸滩侵蚀和演变趋势分析[J].科技资讯,2014(3):201-204.

[5] Cardno( WA) Pty Ltd. Quinns beach long term coastal management: conceptual options assessment, report No. 59915802[R]. Perth: Cardno( WA) Pty Ltd, 2016.

[6] 海南陵水黎族自治县人民政府.海南省陵水县蓝色海湾整治行动实施方案[R].陵水:陵水黎族自治县人民政府,2016.

[7] 国家海洋局海洋环境监测中心.海洋沉积物质量:GB 18668—2002 [S].北京:中国标准出版社,2002.

[8] 大连理工大学.土福湾赤岭渔村岸线修复整治工程岸滩剖面及地形演变数值模拟分析报告[R].大连:大连理工大学,2017.

[9] 自然资源部海洋预警监测司.海岸带生态系统现状调查与评估技术导则第 8 部分:砂质海岸 T/CAOE 20.8-2020[S].北京:中国环境出版社,2020.