

## 清淤工程对鳌园沙滩上泥沙运动的影响研究

张磊, 徐啸, 余小建, 崔峥, 毛宁

(南京水利科学研究院 港口航道泥沙工程交通行业重点实验室, 江苏 南京 210029)

**摘要:** 同安湾鳌园沙滩岸段处于湾顶, 该水域潮流、波浪动力较弱。该海域清淤工程会对鳌园沙滩水动力环境及泥沙运动产生影响。本文分析了清淤工程后鳌园沙滩上波浪、潮流动力变化特点, 以及在此动力条件下泥沙含沙量变化, 分析了鳌园沙滩上不同位置泥沙淤积及泥沙运动。表明清淤整治工程后, 鳌园沙滩潮流依旧很弱, 波浪动力略有增加, 含沙量降低平均为  $0.025 \text{ kg/m}^3$ , 沙滩上泥沙淤积量在  $1.18 \text{ cm/a}$  以内, 沙滩上沿岸净输沙方向为由东向西, 净输沙  $867 \text{ m}^3/\text{a}$ 。清淤工程利于鳌园沙滩的维持。

**关键词:** 清淤工程; 鳌园沙滩; 泥沙运动

中图分类号: TV142

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2017) 08-0025-04

### Study on the effect of dredging project on sediment movement of Aoyuan Beach

ZHANG Lei, XU Xiao, SHE Xiaojian, CUI Zheng, MAO Ning

(Nanjing Hydraulic Research Institute, Key Laboratory of Harbor Waterway Sediment Engineering and Transportation Industry, Nanjing 210029, Jiangsu)

**Abstract:** Aoyuan Beach is at the top of Tongan Bay, whose power of tidal and wave is weaker. The dredging project will affect the hydrodynamic environment and sediment movement of the beach. The characteristics of wave power and tidal power after the dredging project, sediment concentration changes in this dynamic conditions, and sediment deposition and movement at different locations on Aoyuan Beach were analyzed. The result showed that the tide of Aoyuan Beach was still weak after the dredging project, the wave power increased slightly, sediment concentration reduced  $0.025 \text{ kg/m}^3$  on average, sediment deposition was within  $1.18 \text{ cm/a}$ , the direction of the net sediment transport was from east to west, and the net sediment transport was  $867 \text{ m}^3/\text{a}$ . Therefore, the dredging project was conducive to the maintenance of Aoyuan Beach.

**Key words:** dredging project; Aoyuan Beach; sediment movement

厦门鳌园沙滩位于同安湾西端湾顶区域, 沙滩东侧即为嘉庚公园, 是一个位于泥质岸滩区的小沙滩。所在同安湾是一个半封闭型海湾, 天然状态湾岸滩为泥质岸滩, 岸滩坡度为  $1/200 \sim 1/350$ <sup>[1]</sup>, 岸滩区域水动力环境均不强。为改善海域环境, 同安湾进行了清淤整治工程, 浅滩清淤到 85 高程以下

4.24 m (见图 1)。

近海区水深条件的加大, 必然对鳌园沙滩水动力环境和泥沙运动特征产生影响<sup>[2-3]</sup>, 进而影响沙滩上泥沙运动及淤积变化。本文分析了水动力环境变化对沙滩维护及泥沙淤积的影响, 以供沙滩的维护提供技术支撑。

收稿日期: 2017-04-25

作者简介: 张磊 (1977-), 男, 高级工程师, 主要从事海岸工程及港口水道工程泥沙研究工作。



图1 鳌园沙滩清淤工程示意图

## 1 自然条件

### 1.1 地形条件

鳌园岸段与厦门岛机场隔海相望。1955年建成的高集海堤使厦门东、西海域成为半封闭的港湾,海堤长2212 m,仅在其南端留有一个宽13.3 m的涵洞,因涵洞口较小,东海域可以看成半封闭海湾。高集海堤涵洞口以东为一条弧形深槽,深槽南北两侧均为浅滩区,集美大桥以西的大片浅滩宽度最大达1300 m左右,最小200 m左右<sup>[1]</sup>。

### 1.2 风浪

厦门地区多年平均风速3.4 m/s,常风向为E向、频率是16.1%,次常风向为NNE向、频率是14.3%<sup>[4]</sup>。鳌园沙滩附近水域主要面向南向,隐蔽性好,主要来风、来浪方向为E~S向,其他方向更小<sup>[5]</sup>,波浪主要以风产生的浪为主,E向和ESE向Hs波高在0.20~0.25 m之间,其他各方向Hs

### 1.4 底质及悬沙特点

同安湾浅滩水域为细颗粒沉积物,大部分为泥质粉砂,鳌园沙滩附近表层沉积物为粉砂质淤泥,平均厚达0.45 m,淤积物中值粒径为0.0086 mm。同安湾海域多年平均含沙量为0.042 kg/m<sup>3</sup><sup>[9]</sup>。

### 1.5 泥沙来源

历史上同安湾海域泥沙主要来源于周边小溪河流、海岸蚀退及潮流携带<sup>[4]</sup>。近年来随着河流建坝,同安湾沿岸的护岸及海堤工程建设;清淤工程的实施,浅滩细颗粒泥沙来源也将被大部分切断<sup>[1,10]</sup>,最后只剩下潮流携带来沙。

## 2 清淤工程水动力影响

### 2.1 潮流动力变化

清淤工程主要在鳌园岸边200 m外进行,近岸水流流路、流向变化很小,涨急、高潮、落急时流速均很弱。鳌园沙滩前沿涨、落潮平均流速小于0.10 m/s,清淤整治工程实施后近岸流速变化不明显<sup>[11]</sup>。

清淤工程对潮流变化影响小的主要原因是该水域处于同安湾湾顶区域,本身水动力就不强,加上沙滩处于岸边潮间带上,清淤工程大部分在潮间带以下,其影响有限。

### 2.2 波浪变化

清淤工程后,鳌园沙滩E向到ESE向之间近岸区波高增加仅0.01~0.02 m,Hs波高为0.24 m;S向波高增幅较大,Hs波高为0.17 m内。主要波浪方向波浪条件见表1。总体上清淤工程对鳌园沙滩波浪增加有限<sup>[12]</sup>。

表1 沙滩上波浪条件

方向	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
波高(m)	0.10	0.13	0.24	0.20	0.13	0.10	0.16
频率(%)	7.3	10.4	16.1	11.7	3.6	4.3	4.3

波高均小于0.12 m。

### 1.3 潮汐潮流特点

厦门地区潮汐参数为0.34,属正规半日潮,平均潮差3.99 m<sup>[4]</sup>。涨潮水流从同安湾口门向浅滩流动,落潮时返回。同安湾内全潮平均流速为0.10~0.30 m/s,浅滩水域更弱,全潮平均流速在0.10 m/s以内<sup>[6-8]</sup>。

因该水域隐蔽性强,清淤工程对波浪增加受限于风程短,波浪发展不起来。

### 2.3 泥沙含沙量变化

清淤工程后,近岸沉积细颗粒泥沙被清走,清淤区水深的加大利于悬浮泥沙在此沉积,鳌园沙滩前沿含沙量降为0.020~0.030 kg/m<sup>3</sup>,均值为0.025 kg/m<sup>3</sup>,小于清淤前含沙量<sup>[1,11]</sup>。

清淤工程后含沙量降低主要有以下几个原因:

①浅滩泥沙来源减少;②潮流、波浪动力基本没有变化,波浪掀沙、潮流输沙与工程前也不会有明显变化;③水深的加大,海域悬浮泥沙在清淤区淤积强度变大,减弱了到达沙滩上的悬浮泥沙含量。

### 3 沙滩上泥沙淤积及运动影响

#### 3.1 泥沙淤积

清淤工程后,鳌园沙滩泥沙淤积主要是海域悬浮泥沙沉积,其泥沙淤积按照规范推荐的公式<sup>[13]</sup>来计算:

$$P = \frac{\omega S t}{\gamma_0} \left\{ k_1 \left[ 1 - \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^3 \right] \sin \theta + k_2 \left[ 1 - \frac{V_2}{2V_1} \left( 1 + \frac{d_1}{d_2} \right) \right] \cos \theta \right\}$$

式中:

$P$ —泥沙淤积厚度, m;

$V_1, V_2$ —分别代表工程建设前、后的平均流速, m/s;

$d_1, d_2$ —分别代表工程建设前、后平均水深, m;

$\gamma_0$ —淤积体的干容重,  $\text{kg/m}^3$ ;

$\omega$ —泥沙沉速, m/s;

$S$ —对应于浅滩水域平均水深为  $d_1$  的平均含沙量,  $\text{kg/m}^3$ ;

$t$ —淤积时间, s;

$k_1, k_2$ —淤积系数, 分别为 0.35、0.13。

鳌园沙滩泥沙淤积计算公式中重要参数的确定:

(1) 淤积体干容重  $\gamma_0$

$$\gamma_0 = 1750 d_{50}^{0.183}$$

式中:

$d_{50}$ —中值粒径, mm。

泥沙淤积物  $d_{50} = 0.0086 \text{ mm}$ ,  $\gamma_0 = 733 \text{ kg/m}^3$ 。

(2) 泥沙沉速  $\omega$

鳌园沙滩悬沙平均粒径小于絮凝当量粒径  $0.03 \text{ mm}$ , 因此沉速采用絮凝沉速  $0.0005 \text{ m/s}$ 。

(3) 含沙量  $S$

依据清淤工程后泥沙含沙量变化, 鳌园沙滩含沙量取  $0.025 \text{ kg/m}^3$ 。

(4) 淤积时间  $t$

鳌园沙滩处于涨落潮潮水变动区, 岸边最高处位于高程  $2.0 \text{ m}$  以下, 离岸  $150 \text{ m}$  沙滩坡度约为  $1/50$ ,  $150 \sim 220 \text{ m}$  之间沙滩坡度平缓,  $220 \text{ m}$  外即为清淤工程区(见图2), 鳌园沙滩基本处于低潮位以上。

厦门地区理论基面  $2 \sim 5 \text{ m}$  之间潮位频率曲线基本为线性<sup>[1]</sup>(见图3), 鳌园沙滩上潮水变动区处于高程  $-1 \sim 2.0 \text{ m}$ , 对应理论基面为  $1.95 \sim 4.95 \text{ m}$  之间, 处于线性区域。故鳌园沙滩不同水深处泥沙淤积的时间按与水深关系呈线性处理。

应用淤积计算公式及上述参数计算鳌园沙滩近岸斜坡上泥沙淤积  $0.30 \sim 0.89 \text{ cm/a}$ ,  $150 \sim 220 \text{ m}$  之间平缓沙滩上泥沙淤积为  $1.18 \text{ cm/a}$  左右。

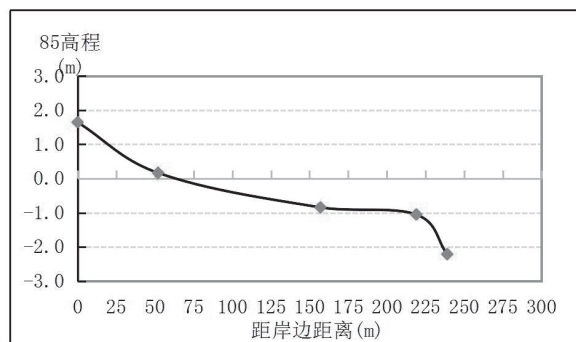


图2 鳌园沙滩剖面 and 泥沙粒径

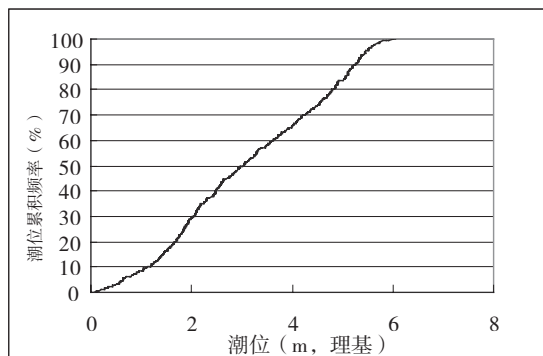


图3 潮位频率曲线

#### 3.2 沙滩泥沙运动

清淤工程鳌园沙滩近岸波浪增加不大, 如果按照  $H_s$  波高  $0.24 \text{ m}$  考虑, 根据波浪作用下泥沙起动公式<sup>[14]</sup>:

$$H_s = M_* \sqrt{\frac{L_* \sinh(2kd_*)}{\pi g} \left( \frac{\rho_s - \rho}{\rho} gD + A_2 \frac{\varepsilon_k}{D} \right)}$$

式中:

$$A_2 = \frac{\alpha_4 \beta_4}{\alpha_1 \beta_3};$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{\pi}{6}, \alpha_3 = \frac{\pi}{3}, \alpha_4 = \frac{\pi}{32};$$

$$\beta_1 = \frac{1}{3}, \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \frac{2}{3};$$

$$\varepsilon_k = \frac{\varepsilon}{\rho} = 2.56 \text{ cm}^3/\text{s}^2, \varepsilon \text{—粘着力系数; 近岸水}$$

深  $d_*$  平均为 1.60 m。

沙滩上泥沙中值粒径  $D$  取 0.31 mm, 波浪平均周期取 0.40 s, 则泥沙起动波高需大于 0.30 m。所以清淤工程后沙滩上波浪条件还是达不到波浪泥沙起动条件。

### 3.3 沿岸输沙运动

沙滩上波浪条件虽然达不到波浪泥沙起动条件, 但波浪传播到沙滩破碎后还会有沿岸输沙发生, 沙滩上泥沙沿岸输沙计算公式采用文献<sup>[15]</sup>中方法:

$$Q_1 = K_1 H^{2.4} \sin \alpha (\cos \alpha)^{1.2} C_g^{0.2} (C_g / C)$$

波速  $C$  可用下式直接算得:

$$C = gh[y + (1 + 0.666y + 0.455y^2 + 0.105y^3 + 0.272y^4)^{-1}]^{-1/2}$$

式中  $h$  为水深,  $y = \omega^2 h/g$ ,  $\omega = 2\pi/T$ 。波群速  $C_g =$

$$n \cdot C, n = \frac{1}{2} \left[ 1 + \frac{kh}{sh2kh} \right], k = \frac{2\pi}{L}, L = CT。$$

当波高为有效波高时,  $K_1 = 0.1183$ ; 利用沙滩附近波浪资料(表 1), 计算鳌园沙滩从东向西沿岸输沙率为 1601  $\text{m}^3/\text{a}$ , 从西向东沿岸输沙率为 734  $\text{m}^3/\text{a}$ , 沿岸净输沙方向为由东向西, 净输沙 867  $\text{m}^3/\text{a}$ 。

## 4 小结

(1) 鳌园岸段沙滩海域掩护较好, 该水域潮流、波浪动力均较弱, 天然岸滩基本属于泥质岸滩动力环境。

(2) 清淤整治工程后, 鳌园沙滩前沿水域潮流变化不大, 波浪略有增加, 年平均含沙量略有降低, 平均为 0.025  $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

(3) 泥沙淤积计算表明鳌园沙滩上泥沙淤积在

1.18  $\text{cm}/\text{a}$  以内, 波浪作用下沙滩上泥沙基本不动, 沙滩上沿岸净输沙方向为由东向西, 净输沙 867  $\text{m}^3/\text{a}$ 。

(4) 清淤工程对鳌园沙滩水动力影响较小, 泥沙运动量也不大, 水域含沙量降低后泥沙淤积有所减弱, 利于鳌园沙滩的维持。

### 参考文献:

- [1] 张磊, 徐啸. 厦门大桥—厦门集美大桥岸段建设人工沙滩可行性研究 [R]. 南京水利科学研究院, 2011, 2.
- [2] 于东生, 杨金艳. 厦门高集、集杏海堤开口后水动力变化研究 [C]. 第十四届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集(上册), 2009, 6: 628–632.
- [3] 孙凤琴. 厦门环东海域整治过程悬浮泥沙变化遥感监测 [J]. 厦门理工学院学报, 2009, 2: 62–66.
- [4] 中国海湾志第八分册(福建海湾)[M]. 北京: 海洋出版社, 1993, 12.
- [5] 张磊. 刘五店港区和五通港区风观测分析及小风区波浪推算 [R]. 南京水利科学研究院, 2011, 2.
- [6] 余小建. 厦门高集海堤开口改造工程物理模型试验研究报告 [R]. 南京水利科学研究院, 2008, 11.
- [7] 余小建, 徐啸. 厦门高集海堤开口改造工程潮流泥沙物理模型试验研究 [J]. 台湾海峡, 2012, 4: 571–577.
- [8] 陈金瑞. 厦门湾海域及金门水道潮流特征分析 [J]. 海洋通报, 2013, 6: 641–647.
- [9] 郑祥靖, 潘伟然, 张国荣, 等. 厦门湾悬沙分布特征与动力分析 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2013, 4: 539–544.
- [10] 林桂兰, 方建勇, 陈峰. 厦门同安湾滩槽演变趋势的遥感分析 [J]. 国土资源遥感, 2004, 12(4): 63–67.
- [11] 汤军健. 厦门大桥—集美大桥岸段岸滩整治工程潮流泥沙数值模拟研究报告 [R]. 国家海洋局第三海洋研究所, 2008, 11.
- [12] 王红川. 厦门集美岸段景观规划波浪数学模型计算 [R]. 南京水利科学研究院, 2011, 2.
- [13] JTS 145–2–2013, 海港水文规范 [S].
- [14] 刘家驹. 海岸泥沙运动研究及应用 [M]. 北京: 海洋出版社, 2009.
- [15] 徐啸, 余小建, 毛宁, 等. 人工沙滩研究 [M]. 北京: 海洋出版社, 2012.

(责任编辑: 王宏伟)