

# 烟台港西港区 30 万吨级航道工程回淤监测与研究

李娟

(烟台港集团有限公司西港区建设指挥管理部, 山东烟台 264000)

**摘要:** 泥沙淤积是港口航道工程建设和发展中的重要问题之一, 施工期的泥沙淤积与自然条件有关, 更与航道施工工艺有关。本文通过对烟台港西港区 30 万吨级航道工程进行回淤观测与研究, 探讨航道在大风天气及施工过程中的回淤规律, 为航道开挖施工挖泥船的配备, 航道备淤深度设计及安排航道维护性疏浚计划等提供科学依据。

**关键词:** 泥沙淤积; 航道施工; 回淤监测

中图分类号: U616

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2020) 07—0107—03

泥沙淤积是港口航道工程建设和发展中的重要问题之一。施工期的泥沙淤积与自然条件有关, 更与航道施工工艺即疏浚及抛泥方式有关。在航道疏浚施工中, 为避免挖泥船施工对正常通航造成影响, 大型港口航道的增深拓宽工程多采用自航式耙吸挖泥船进行施工。影响航道施工的因素, 不仅体现在泥沙回淤的淤积量上, 回淤物质的可挖性亦相当重要。我国沿海港口航道的底质以细颗粒泥沙为主, 在自航式耙吸挖泥船施工过程中, 细颗粒泥沙很难挖掘, 进舱浓度较低, 泥舱内细颗粒泥沙沉速小, 较难沉积。为增大挖泥船的装舱浓度, 提高挖泥效率, 降低疏浚费用, 在可能的情况下需要利用装舱溢流施工工艺以提高有效装载量。为此, 烟台港西港区 30 万吨级航道工程进行了回淤观测与研究, 为航道开挖施工挖泥船的配备, 航道备淤深度设计及安排航道维护性疏浚计划等提供科学依据。

## 1 项目概况

烟台港西港区位于山东半岛套子湾西北侧, 是烟台港总体布局规划的深水港区, 港区地处芦苇湾北部龙洞咀海湾岬角附近, 局部自然水深达 20 ~ 27m, 有利于大型深水泊位建设。烟台港西港区 30 万吨级航道工程在 20 万吨级航道的基础上进行拓宽浚深, 航道总长 35.752 千米, 分为东西两段: 东段航道轴线方位角 N18° ~ N198°, 长度 32.496 千米, 通航宽度 370 米; 西段航道轴线方位角 N42° ~ N222°, 长度 3.256 千米, 通航宽度 425 米 ~ 460 米, 航道设计底标高为 -24.5 米。

## 2 海区自然条件

(1) 工程海域的潮汐性质属于规则半日潮型, 平均潮差为 1.49m, 为弱潮海区。海域潮流类型属不规则半日潮流性质, 基本呈往复运动, 涨潮平均流速在 0.19 ~ 0.28m/s 之间, 落潮平均流速在 0.27 ~ 0.29m/s 之间, 落潮大于涨潮, 水流强度不大, 为弱流海域。

(2) 工程海域波浪以风浪为主, 涌浪为辅, 常浪向为 NW 向, 频率为 7.6%, 平均波高 1.14m, 次常浪向为 N 向, 频率为 7.4%, 平均波高 1.48m; 强浪向为 N 向, 最大波高为 7.0m, 次强浪向为 NW 向, 最大波高 6.9m。

(3) 工程海域含沙浓度很低, 而且随潮变化不大, 一般在 0.02 ~ 0.04kg/m<sup>3</sup> 之间; 表层略清、底部略浑, 其差一般不足 0.01kg/m<sup>3</sup>。在水文测验期间, 曾遇有 6 ~ 7 级, 阵风 8 级大风, 测得最大含沙量为 0.06kg/m<sup>3</sup>。说明本海区泥沙来源少, 泥沙搬运、沉积活动微弱。

## 3 现场观测与分析主要研究项目

### 3.1 研究内容

(1) 疏浚挖泥对航道回淤的影响: ①施工过程中疏浚土的运移扩散情况; ②抛泥过程中疏浚土的运移扩散及其对航道回淤的影响; ③抛泥淤积土的去向及在风浪作用下对航道回淤的影响。

(2) 风浪对航道回淤的影响: ①风后追溯含沙量; ②大风前、后水深测量, 可利用航道施工测深图; ③风后强淤时的底质采样; ④对重点强淤区航道和附近滩地以及抛泥区冲淤情况进行观测, 特别在大风后加密对该两区的观测。

[2] JTJ 212-2006, 河港工程总体设计规范 [S].

[3] JTS 144-1-2010, 港口工程荷载规范 [S].

[4] JTG D20-2017, 公路路线设计规范 [S].

[5] BS 6349-8: 2007. Maritime structures - Part 8: Code of practice for the design of Ro-Ro ramps, linkspans and walkways [S]. BSI Standards Publication.

[6] 汪锋, 董志强. 汽车滚装码头设计特点 [J]. 水运工程, 2011(5): 95-98.

[7] 赵俊国, 刘宝新. 艇直式跳板滚装船丁靠直立式码头装卸载保障 [J]. 水运工程, 2017(6): 77-80.

[8] 孔宪卫, 张洪文, 郝媛媛. 挂靠船舶通航安全风险辨识及保障研究 [J]. 中国海事, 2017(10): 30-32.

(3) 航道和附近滩地地形测量(固定断面)。

### 3.2 观测方法

#### 3.2.1 疏浚挖泥对航道回淤的影响

(1) 在挖泥施工过程中,在施工下方约 2km 处垂直航道布设五个测点,航道中心一点,航道南北两滩各设二点,距中心点分别为 250m 和 500m(图 1)。

从挖泥开始,经溢流阶段到挖泥结束,每 30 分钟测一次含沙量,挖泥船与此同步在溢流口和溢流口附近水域观测含沙量,观测方法采用垂线三点法,即:表层(水面下 0.5m)、0.5H 和底层(床面上 0.5m)(H 为水深),每周观测一次,并实时观测风速、风向(用手持式 FC-16025 风速风向仪)。



图 1 含沙量观测点布置图

(2) 抛泥过程中,在抛泥点与航道之间设 4 ~ 5 点,观测抛泥后的疏浚土转移情况及其对航道回淤的影响。

(3) 抛泥淤积土的去向及在大风浪作用下对航道回淤的影响。

定期(每月一次)测淤积区水深图,大风后立即补测该区水深图,以便结合风况,分析对航道回淤的影响。

#### 3.2.2 风浪对航道回淤的影响

(1) 大风后含沙量追测,在 4 月份和 11 月份风季进行,沿航道中心及两侧边滩(500m),采用垂线三点法观测水体含沙量,测量间距 4.0km。

(2) 大风前、后水深测图(可利用航道施工测图),利用固定断面测图校核。

(3) 大风后强淤严重时,立即在航道及两滩进行底质采样,采样点约 80 个。

(4) 大风( $\geq 7$ 级)期间风速风向观测,布设自记风速风向固定站,每小时观测一次,提供平均值及最大值。

#### 3.2.3 重点强淤区的观测

在前期测量的基础上,在重点强淤区垂直航道布设三个固定断面,每半月检测断面一次水深,每 3 个月取一次底质表层样,大风后加测水深和底质。

#### 3.2.4 固定断面测量

沿航道轴线每 500m 布设一个固定断面,进行水深测量,测图比例 1:2000,定期观测(每月一次),大风后加密观测。

#### 3.2.5 常规水深测量

每季度进行一次常规水深测量,测量范围涵盖航道和两侧边滩 2km,测图比例为 1:5000。

### 4 航道回淤量及淤强沿程分布研究

#### 4.1 研究内容

(1) 航道回淤月际及年淤积分布规律;

(2) 正常天气下和大风作用下,航道淤强沿程分布。

#### 4.2 研究方法

通过历史风况月际分布、年淤积分布、现场淤积资料分析、理论研究、数值模拟等手段,经综合分析,提出航道淤积的月际及年淤积分布规律和大风过程的淤积沿程分布。

#### 4.3 主要工作

##### 4.3.1 泥沙沉降和起动试验

(1) 目的:进行波、流作用下泥沙运动形态及航道回淤物特征试验,为分析波、流作用下航道回淤土土质变化提供参数资料,并为数学模型提供泥沙基本动力参数。

(2) 研究主要内容:①泥沙的静、动水沉降试验和静水密实验;②泥沙在波浪及波、流联合作用下的起动试验。

(3) 研究方法:①利用沉降筒进行沉降试验;②利用波浪潮流水槽进行泥沙动水沉降试验和起动试验;③对试验结果进行综合分析。

##### 4.3.2 回淤土密实固结试验

(1) 目的:为分析疏浚土可挖性提供基本参考资料,研究粒径组成和密实时间对回淤土容重的影响。

(2) 内容:①不同含沙量对回淤土密实过程的影响;②回淤土密实过程中容重变化情况及可挖性分析;③沉积物粒度、厚度及沉积时间与密实度的关系。

(3) 研究方法:通过现场调研,了解航道回淤土实际可挖性情况,为研究工作打下基础。

##### 4.3.3 数学模型试验

(1) 数学模型试验的组成,包括波浪、潮流以及泥沙三个模型。其中,潮流数学模型试验是整个数学模型试验的基础,通过计算工程海域潮流场,为潮流特征分析和其他相关分析提供依据,并为泥沙数学模型提供流场动力条件;波浪模型主要为泥沙计算提供波浪动力条件;泥沙数学模型试验是在上述两个模

型试验的基础上, 计算分析泥沙运动及地形冲淤情况。

(2) 数学模型试验研究目的: ①通过潮流数模模型试验, 计算分析工程海域潮汐、潮流运动整体规律, 掌握工程海域的水流及潮汐特征, 并为泥沙数学模型提供动力条件; ②通过波浪、潮流、泥沙数模模型试验, 研究预测正常天气条件下和大风天气下的泥沙运动规律, 为提高航道抗风险能力, 维护航道正常水深等提供参考。

(3) 数学模型试验的研究内容: ①工程海域水流情况, 如航道内水流流速、横流(大小、发生时刻、持续时间等)情况; 港池及码头前沿水流流速, 分析有无环流等不利流态等; ②计算分析工程海域水流变化, 计算分析工程对周边海域的影响范围及程度; ③计算分析正常天气条件下和大风天气下的泥沙场; ④计算分析正常年(年平均动力条件)淤积情况及淤积分布趋势, 分析正常年维护量及维护方式; ⑤预测分析各风况(如某典型台风、某典型寒潮大风)作用下的泥沙淤积情况及淤积分布趋势, 分析大风骤淤的可能性和大风作用下的淤积量。

## 5 结论

结合西港区 30 万吨级航道工程监测的各项数据及测量图纸, 通过实验仪器分析, 具体结论如下:

### 5.1 泥沙淤积

(1) 本海域的泥沙来源较少, 造成航道回淤泥沙主要是岸滩掀起的泥沙在潮流和风浪的作用下反复搬运, 而航道区域自然水深都在  $-18\text{m}$  (理论最低潮面) 以上, 无风天及小风天航道附近滩面泥沙难以起动, 只有风浪达到一定程度, 海区泥沙才可能出现明显起动, 然后在潮流作用下运移, 造成航道回淤。故航道回淤主要发生在大风浪情况下。

(2) 从本港疏浚悬沙扩散模拟看, 疏浚引起的悬沙会随水流向两侧扩散, 落淤于航道及两侧滩面, 随后落淤的泥沙会在风浪作用下起动, 随水流再次向两侧运移, 即使疏浚引起的泥沙 50% 落淤于航道两侧, 最终影响航道回淤的泥沙也就在 10% 左右; 参考航道年回淤情况, 疏浚引起的泥沙淤积应在  $20\text{万}\text{m}^3$  以内。综合来看, 本海域疏浚施工引起的泥沙回淤影响幅度不大。施工期间未见含沙量明显增大, 说明疏浚施工未对周边海域含沙量产生明显影响。

(3) 正常年条件下, 全航道均表现为淤积, 淤积幅度基本呈自岸向海逐步减小的分布趋势; 正常年份的淤强  $0.04 \sim 0.32\text{m/a}$ , 平均  $0.15\text{m/a}$ , 总体上属于轻微淤积。航道附近海域平均水深  $18\text{m}$  以上, 这一水深泥沙运动不活跃, 是造成航道轻微淤积的基本

原因。受挖泥船溢流影响, 边滩的淤积强度高于正常年。

### 5.2 航道备淤深度

(1) 航道最大年回淤强度约  $0.32\text{m/a}$ , 发生在口门外  $1\text{km}$  左右, 航道平均回淤强度约  $0.15\text{m/a}$ , 年回淤总量约  $203\text{万}\text{m}^3$ 。在计算大风情况下, 航道最大回淤强度约  $0.17\text{m/a}$ , 发生在口门附近, 航道平均回淤强度约  $0.08\text{m/a}$ , 一次计算风浪下回淤总量约  $107\text{万}\text{m}^3$ 。

(2) 从悬沙扩散看, 船舶施工引起的悬沙扩散主要随潮流扩散, 悬沙影响范围在航道两侧  $1 \sim 3\text{km}$ 。从悬沙梯度看, 施工引起的悬沙主要在航道两侧, 其中航道内含沙量最大, 往两侧逐渐降低。

(3) 由于工程区域水深较大(基本都在  $18\text{m}$  以上), 常规动力下, 底沙难以起动, 回淤较小, 总体上属于轻微淤积。施工备淤深度(满足设计水深验收, 按照施工计划一次性合理超挖深度)可参考如下: 口门附近  $3 \sim 5\text{km}$  范围内, 备淤深度可取  $0.5\text{m}$ , 然后向两侧逐渐减小, 备淤深度可参考回淤厚度。

### 5.3 建议

(1) 建议补充测量航道两侧边滩资料, 以确定两侧边滩是否有泥沙堆积及堆积数量, 便于分析其对航道回淤的影响。

(2) 本工程最大回淤发生在口门位置, 建议加强口门水深监测, 进一步确定回淤情况, 为数模研究提供更多现场数据支持。

(3) 根据本港泥沙特性、水深及回淤特点, 航道淤积主要发生在大风浪季节, 航道最大年淤积厚度  $0.32\text{m/a}$ , 平均年淤积厚度  $0.15\text{m/a}$ , 回淤程度较轻, 若按本文推荐备淤, 其维护频次可一年维护一次, 维护季节可选在秋冬季寒潮大风之前进行。

### 参考文献:

- [1] 郭飞燕等. 装舱溢流施工在航道疏浚工程中的应用[J]. 水运工程, 2015(7).
- [2] 张忱, 洪国军. 自航耙吸挖泥船装舱溢流模型试验[C]. 第十三届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集, 2007.
- [3] JT/T 233-98, 《海岸河口潮流泥沙模拟技术规程》[S].