



# 耙吸船拓宽浚深运营航道的 高效施工技术

刘斌，刘福强

(中交天航南方交通建设有限公司，广东深圳 518000)

**摘要：**运营航道需要拓宽或加深疏浚时，常因施工船舶与运营船舶的频繁避让导致安全风险大、施工效率低。针对这一情况研究了船舶安全避让及效率提升措施，即：采用航道有效宽度计算方法，通过施工通航验算，采取科学有效的避让措施，解决耙吸船频繁驶离航道避让的问题。研发了耙吸船的堵耙快速取泥装置、耙头防溜耙装置，解决了耙吸船施工黏土堵耙清理难、边坡施工效率低下等技术难题。实践证明措施可行。

**关键词：**运营航道；拓宽浚深；耙吸船；施工技术

中图分类号：U 655.4

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2022)S2-0069-04

## High-efficiency construction technology for widening and dredging operation channel of scraper suction vessel

LIU Bin, LIU Fu-qiang

(CCCC TDC Southern Communication Construction Co., Ltd., Shenzhen 518000, China)

**Abstract:** When the operating waterway needs to be widened or deepened for dredging, the frequent avoidance of construction ships and operating ships often leads to high safety risks and low construction efficiency. In this situation, the ship safety avoidance and efficiency improvement measures are studied, that is, the calculation method of the effective width of the channel is adopted, and the scientific and effective avoidance measures are adopted through the construction and navigation check to solve the problem that the rake suction ship frequently leaves the channel to avoid the problem. We develop blocking rake fast mud removal device and rake head anti-slip rake device of TSHD, which respectively solve the technical problems such as the difficulty of cleaning the raking and raking in the construction of TSHD, and the low efficiency of slope construction. Practice has proved that the measures are feasible.

**Keywords:** operation channel; widening and dredging; TSHD; construction technique

## 1 工程概况

广州港深水航道拓宽工程V标段位于珠江口伶仃洋，原航道底宽239 m、双侧各拓宽71 m、拓宽后航道底宽381 m、边坡坡比1:5、疏浚工程量536.08万m<sup>3</sup>，航道单向通航，施工期间正常运营。施工期间特点：1)航道均正常运营，船舶施工需要采取避让措施；2)航道疏浚拓宽过程中，

质量层均存在硬质黏土，耙吸船堵耙现象时有发生，施工效率受影响较大；3)为确保通航安全，海事部门严格控制航道疏浚工程采用抓斗船施工，能采用耙吸船施工的情况下不允许使用抓斗船，而耙吸船施工航道边坡的效果并不理想，影响了施工效益。根据上述特点，围绕耙吸船施工运营航道形成相应的解决方案。

## 2 舶吸船施工避让

### 2.1 会船所需航道宽度

通航船舶的尺寸数据(以不同吨位集装箱船为例)见表 1。投入本工程施工的不同舱容耙吸船船型尺寸见表 2。

表 1 集装箱船船型数据

集装箱船/万吨级	船长/m	船宽/m	满载吃水/m
15	367.00	51.80	16.00
10	346.00	45.60	14.50
7	300.00	40.30	14.00
5	293.00	32.30	13.00
3	241.00	32.30	12.00

表 2 舶吸船船型数据

耙吸船/万 m <sup>3</sup>	总长/m	船宽/m	满载吃水/m
1.8	162.30	28.50	11.00
1.3	151.71	26.80	9.50
1.1	131.20	26.20	8.35
0.7	114.50	19.80	7.00

根据 JTS 165—2013《海港总平面设计规范》规定<sup>[1]</sup>, 航道有效宽度(图 1)由船舶航迹带宽度、船舶间富余宽度以及船舶与航道底边之间的富余宽度组成。

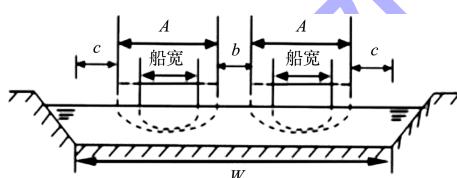


图 1 航道有效宽度

#### 2.1.1 航迹带宽度

船舶在航道上行驶, 受风、流及螺旋桨产生的横向力矩的影响, 其航迹很难与航道轴线平行。船舶需要不断地靠操纵舵角来校正航向, 使航行的轨迹线不至于偏离航道范围。船舶以风流压偏角在导航中线左右摆动前进所占用的水域宽度称为航迹带宽度  $A$  (m)<sup>[2]</sup>:

$$A = n(L \sin \gamma + B) \quad (1)$$

式中:  $n$  为船舶漂移倍数;  $\gamma$  为风、流压偏角;  $L$  为船长(m);  $B$  为船宽(m)。指标取值见表 3。

表 3 航迹带宽度取值

风力	横流 $v/(m \cdot s^{-1})$	$n$	$\gamma/(^\circ)$
横风 $\leq 7$ 级	$0 < v \leq 0.25$	1.75	5
	$0.25 < v \leq 0.50$	1.69	7
	$0.50 < v \leq 0.75$	1.59	10
	$0.75 < v \leq 1.00$	1.45	14

#### 2.1.2 船舶间富余宽度

当船舶相遇会船时, 为防止船吸现象, 两航迹带间应留有一定的安全距离, 一般取船宽。

#### 2.1.3 船舶与航道底边间的富余间距

对于人工开挖的航道, 由于航槽内外水深差形成航槽壁。船舶在这样狭窄的航道内航行, 为防止船舶因船吸现象而擦壁或搁浅, 减少操船困难, 必须与槽壁保持一定富余宽度  $c$ , 按表 4 取值。

表 4 船舶与航道底边间的富余宽度  $c$ 

船种	航速/kn	$c/m$
杂货船、集装箱船	$\leq 6$	0.50B
	$> 6$	0.75B
散货船	$\leq 6$	0.75B
	$> 6$	B
油船或其他危险品船	$\leq 6$	B
	$> 6$	1.50B

会船所需航道宽度按下式计算:

$$W = A_1 + A_2 + b + c_1 + c_2 \quad (2)$$

式中:  $W$  为航道有效宽度(m);  $A_1$ 、 $A_2$  为航迹带宽度(m);  $b$  为船舶间富余宽度(取代表船型中较大者的宽度);  $c_1$ 、 $c_2$  为船舶与航道底边间的富余宽度(m)。

#### 2.2 会船可行性分析

耙吸船与集装箱船之间会船考虑两种情况: 一是施工前期边坡水深不足以让大型耙吸船通行; 二是施工期间边坡水深已浚深至耙吸船的通航需求。

#### 2.2.1 不考虑利用边坡会船的情况

本工程是在原航道基础上向两侧拓宽 71 m, 原航道可供船舶正常通航, 底宽 239 m, 而耙吸船在拓宽段施工, 可利用 71 m 宽的拓宽区与船舶进行会船, 故实际会船过程中可用航道宽度为 310 m(图 2)。

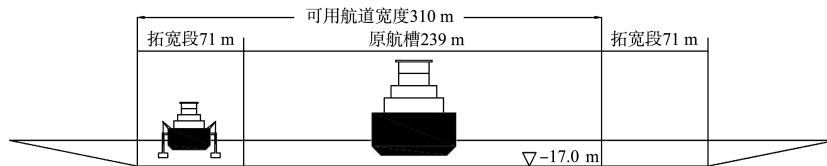


图 2 可用航道宽度

根据本工程水文条件显示, 该航道区域一个全潮过程(25 h)中横流流速超过 0.25 m/s 的持续时间不超过 3 h。根据表 3, 验算中船舶漂移倍数  $n$

取 1.69, 风、流压偏角  $\gamma$  取  $7^\circ$ 。1.8 万、1.1 万、0.7 万  $m^3$  舶吸船在  $\gamma=7^\circ$ 、 $0.25 \text{ m/s} < v \leq 0.50 \text{ m/s}$  条件下会船可行性分析见表 5。

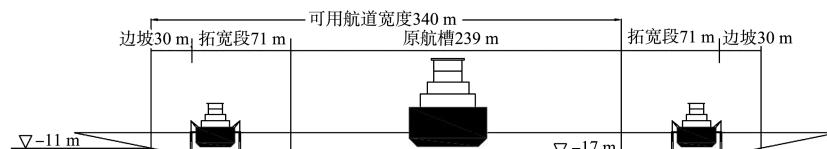
表 5 舶吸船和商船组合通航所需航道宽度

舶吸船/ $m^3$	组合方式	需要航道宽度 $W/m$	可用航道宽度/ $m$	是否满足
1.8	15 万吨级集装箱船+1.8 万 $m^3$ 舶吸船	349.62	310	不满足
	10 万吨级集装箱船+1.8 万 $m^3$ 舶吸船	323.97		不满足
	7 万吨级集装箱船+1.8 万 $m^3$ 舶吸船	296.26		满足
	5 万吨级集装箱船+1.8 万 $m^3$ 舶吸船	267.30		满足
	3 万吨级集装箱船+1.8 万 $m^3$ 舶吸船	256.59		满足
1.1	15 万吨级集装箱船+1.1 万 $m^3$ 舶吸船	338.18	310	不满足
	10 万吨级集装箱船+1.1 万 $m^3$ 舶吸船	312.53		不满足
	7 万吨级集装箱船+1.1 万 $m^3$ 舶吸船	284.82		满足
	5 万吨级集装箱船+1.1 万 $m^3$ 舶吸船	255.86		满足
	3 万吨级集装箱船+1.1 万 $m^3$ 舶吸船	245.15		满足
0.7	15 万吨级集装箱船+0.7 万 $m^3$ 舶吸船	320.72	310	不满足
	10 万吨级集装箱船+0.7 万 $m^3$ 舶吸船	295.07		满足
	7 万吨级集装箱船+0.7 万 $m^3$ 舶吸船	267.36		满足
	5 万吨级集装箱船+0.7 万 $m^3$ 舶吸船	238.40		满足
	3 万吨级集装箱船+0.7 万 $m^3$ 舶吸船	227.69		满足

## 2.2.2 可利用边坡会船的情况

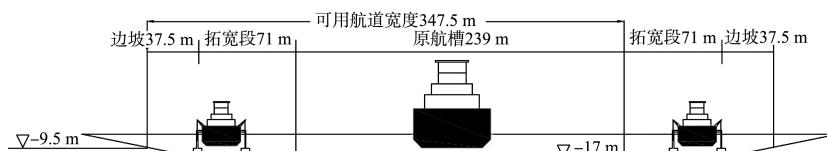
1) 1.8 万  $m^3$  舶吸船会船可行性分析。1.8 万  $m^3$  舶吸船满载吃水 11 m, 该水深下可利用边坡宽度

为 30 m, 所以该情况下可用会船宽度为  $30 \text{ m} + 71 \text{ m} + 239 \text{ m} = 340 \text{ m}$ , 可与 10 万吨级及其以下非危险品船舶会船避让。见图 3。

图 3 1.8 万  $m^3$  舶吸船可用会船宽度

2) 1.3 万  $m^3$  舶吸船会船可行性分析。1.3 万  $m^3$  舶吸船满载吃水 9.5 m, 该水深下可利用边坡宽度为 37.5 m, 所以该情况下可用会船宽度为  $37.5 \text{ m} +$

$71 \text{ m} + 239 \text{ m} = 347.5 \text{ m}$ , 可与 15 万吨级及其以下非危险品船舶会船避让。见图 4。

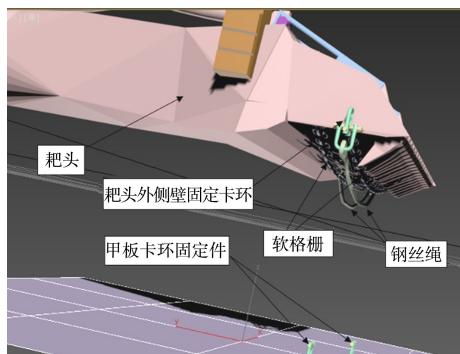
图 4 1.3 万  $m^3$  舶吸船可用会船宽度

3) 1.1 万  $m^3$  及 0.7 万  $m^3$  耙吸船均可在施工区内与 15 万吨级及其以下非危险品船舶会船避让。

### 3 耙吸船疏浚施工关键技术

#### 3.1 耙头堵耙清理技术

耙吸船在施工高硬塑黏土时会造成堵耙，须花费较长时间进行清理，影响耙吸船时率。通过研制耙头堵耙快速清理装置<sup>[3]</sup>(图 5)解决了耙吸船施工黏土时堵耙清理的难题。



a) 未连接地面卡环



b) 连接地面卡环

图 5 耙头堵耙快速清理装置结构

通过布置在耙头吸入端的纵向 4 根铁链及横向 1~2 根铁链形成全覆盖软格栅，在耙头下方船体甲板上电焊一个牢固的卡环，利用钢丝绳一端连接地面卡环、一端连接软格栅。通过缓慢提升耙头高度以松动软格栅及堵耙黏土，使得黏土没有依附介质而脱落，达到快速清理耙头的效果；操作过程中，应随时关注耙头受力情况，避免耙

头及耙管损坏。

#### 3.2 边坡施工增效技术

航道施工时由于不允许使用抓斗船，只能采用耙吸船，耙吸船会因下耙倾斜出现溜耙、压耙的情况，降低施工效率。通过研制耙头防滑装置<sup>[4]</sup>(图 6)提高耙吸船施工效率。

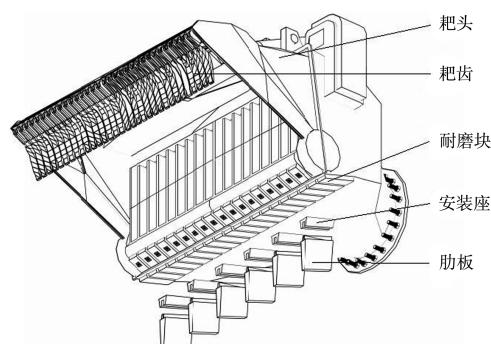


图 6 耙头防滑装置结构

在耙头布置吸管口耐磨板处焊接 6 个安装座，连接 6 块倒梯形肋板，实现对耙头的改造，有效稳固耙头位置、提高耙吸船的边坡施工效率。在施工边坡过程中，应控制好耙头角度、沿施工线下耙<sup>[5]</sup>，肋板可深入土层，增加耙头与边坡的摩擦、稳固耙头位置，达到防溜耙的效果；在不需要使用防溜耙装置时，可将肋板卸下，不会影响航槽施工。

### 4 结论

1) 通过耙吸船施工避让技术计算耙吸船与过往船舶的会船宽度，制定耙吸船开出航道、无需开出航道的避让措施，在保障安全的前提下将耙吸船的时间利用率提高了 15%。

2) 使用耙吸船堵耙清理技术，解决了耙吸船施工黏土产生的堵耙清理的难题，每次节约堵耙清理时间 1 h。

3) 使用耙吸船边坡施工增效技术，实现了稳固耙头、避免发生溜耙，提高耙吸船施工边坡生产效率约 90  $m^3/h$ 。