



# 连云港赣榆港区一期工程 绞吸船施工工艺优化

张亚楠<sup>1</sup>, 刘昊<sup>2</sup>

(1. 中交天津航道局有限公司, 天津 300461; 2. 中交天航滨海环保浚航工程有限公司, 天津 300461)

**摘要:** 连云港赣榆港区一期工程土质为5、6级黏土, 绞吸船在施工该土质时受黏土黏性的影响, 容易糊绞刀且输送极为困难, 施工流速、浓度控制不好就会存在堵管的风险, 严重影响船舶正常施工。重点对绞吸船的挖掘方式和输送理论进行研究, 通过改变切泥厚度、进尺、浓度、流速等参数, 解决上述问题。

**关键词:** 绞吸船; 黏土; 挖掘; 输送

中图分类号: U 616<sup>+</sup>.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)06-0203-03

## Optimization of CSD construction technology for phase I project in Ganyu port area of Lianyungang port

ZHANG Ya-nan<sup>1</sup>, LIU Hao<sup>2</sup>

(1. CCCC Tianjin Dredging Co., Ltd., Tianjin 300461, China;

2. CCCC-TDC Binhai Environmental Channel Dredging Co., Ltd., Tianjin 300461, China)

**Abstract:** Affected by the level 5 & 6 clay soil of Lianyungang Ganyu port area phase I project, the operation of CSD is rather difficult. Focusing on the CSD's dredging methods and transportation theory, we solve relevant problems by changing the mud thickness, cut footage, concentration, as well as the flow velocity.

**Keywords:** CSD; clay; cut; transportation

### 1 工程概况

本工程位于连云港新开发的赣榆港区起步工程通用泊位东北侧, 工程西边线距已建成的东防波堤起点的距离为3 227 m, 是赣榆港区木材木片码头的堆场及后方配套设施提供区。

本工程疏浚面积约39.4万m<sup>2</sup>, 工程净量为50.19万m<sup>3</sup>, 疏浚底高程-13.6 m, 超深0.4 m, 边坡1:4, 超宽3.0 m, 宽度最窄处225 m、最宽处495 m。

土质条件: 根据工程区域钻孔资料, 5、6级黏性土占比88%, 塑性指数>17, 黏性大, 标贯击数>15击, 硬度高<sup>[1]</sup>。

### 2 绞吸船施工情况

绞吸船施工赣榆港区一期工程, 吹距为3 200 m, 管径0.8 m, 3泵施工, 挖宽100 m, 挖深-13.6 m, 分4层开挖(图1)。第1层: -5.0~-7.5 m; 第2层: -7.5~-10.0 m; 第3层: -10.0~-12.0 m; 第4层: -12.0~-13.6 m。施工参数为: 绞刀转数30 r/min, 绞刀电流500~600 A, 水下泵吸入真空0.65~0.85 bar, 总排压16 bar, 浓度10%~12%, 流速4.2~4.5 m/s, 横移速度10~15 m/min, 正刀进尺0.8 m、反刀进尺0.7 m, 1<sup>#</sup>舱内泵柴油机转速920 rad/min、2<sup>#</sup>舱内泵柴油机转速910 rad/min, 水下泵电机转速940 rad/min。

收稿日期: 2014-09-11

作者简介: 张亚楠(1986—), 女, 工程师, 从事船舶施工相关科研项目管理工作。

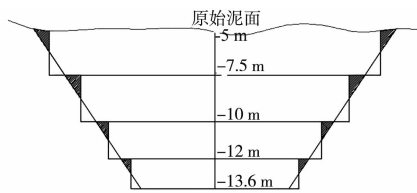


图1 挖泥分层

### 3 施工工艺优化

#### 3.1 黏土糊绞刀问题的解决

该工程土质的黏性大，容易糊绞刀（图2a）。每糊绞刀一次，清理干净需要4~5 h，严重影响了时间利用率，同时增加了工作人员的劳动强度。



a) 糊黏土的绞刀



b) 未糊黏土的绞刀

图2 绞刀

通过对黏土的物理力学指标以及现场观察分析，糊绞刀的原因主要是绞刀叶片切泥厚度较大，产生的泥块大，容易糊堵在绞刀叶片上，故采用小切厚大进尺的施工方式进行试挖<sup>[2]</sup>，改变传统的大切厚小进尺的施工方式，切厚要控制在1.5 m以下，进尺在1 m以上，试挖3 h后，绞刀没有再糊堵黏土（图2b），有效解决了糊黏土问题。

#### 3.2 泥泵与管路输送分析

起球后的黏性土输送十分困难，黏土球在管路中的流态是层流成床，产生阻力极大。为更好地施工，输送方面的分析主要是确定施工浓度和施工流速。

##### 3.2.1 管路浓度的确定

根据达西公式(1)计算出阻力系数，绘制流速、浓度与阻力系数直接管线曲线(图3)。

$$H = \lambda \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

式中： $H$ 为扬程； $\lambda$ 为阻力系数； $l$ 为管线总长； $D$ 为管线直径； $v$ 为流速； $g$ 为重力加速度。

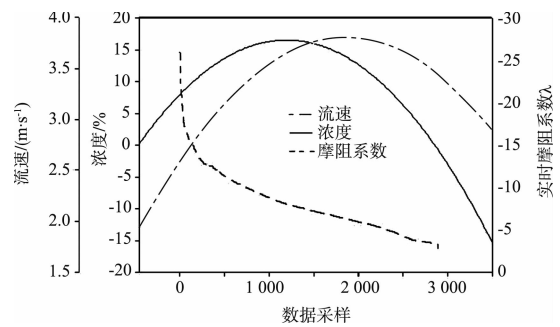


图3 浓度-流速-阻力系数的关系曲线

可以看出，管路的摩阻对浓度敏感，起球黏土浓度变化大，导致阻力变化大，因此施工时，要把浓度控制在10%~15%，对应的阻力系数约为0.2~0.25，管路消耗的扬程在可接受范围内。

##### 3.2.2 流速的确定

1) 施工工况区分析。

采用 Durand 模型公式计算工况区<sup>[3]</sup>：

$$\frac{I_m - I_f}{I_f C_{vd}} = K_D \left[ \frac{v_m^2}{gD(S_s - 1)} \cdot \frac{\sqrt{gd(S_s - 1)}}{v_t} \right]^{-1.5} \quad (2)$$

式中： $v_m$ 为流速； $C_{vd}$ 为输送浓度； $D$ 为管路直径； $v_t$ 为沉降速度； $SS$ 为颗粒比重； $K_D$ 为模型系数。管路阻力见表1，施工工况区见图4。

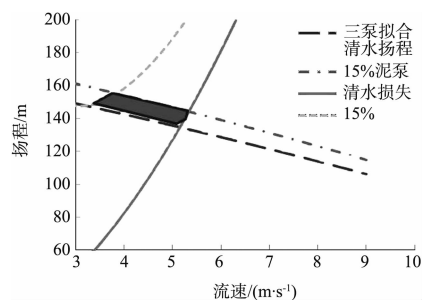


图4 施工工况区

表1 绞吸船施工管路阻力

流速/ (m·s <sup>-1</sup> )	清水 损失/m	水力损失/m		
		体积浓度 5%	体积浓度 10%	体积浓度 15%
0.5	1.608 47	407.746 3	565.742 3	688.330 3
1.0	5.854 58	193.983 6	266.399 2	322.704 8
1.5	12.581 88	134.604 1	181.069 0	217.275 7
2.0	21.744 45	112.373 1	146.514 3	173.176 3
2.5	33.320 19	105.746 3	132.742 0	153.869 7
3.0	47.296 37	107.885 8	130.235 0	147.764 0
3.5	63.664 86	115.960 0	135.053 2	150.060 4
4.0	82.420 08	128.588 8	145.277 1	158.421 7
4.5	103.558 00	145.021 2	159.862 3	171.576 3
5.0	127.075 70	164.813 7	178.192 5	188.773 9
5.5	152.970 60	187.688 1	199.881 1	209.544 1
6.0	181.241 10	213.460 7	224.673 2	233.576 8
6.5	211.885 60	242.005 9	252.394 3	260.659 6
7.0	244.902 90	273.234 4	282.920 6	290.642 0
7.5	280.291 80	307.081 3	316.162 1	323.414 7
8.0	318.051 60	343.498 1	352.051 8	358.896 1
8.5	358.181 40	382.448 1	390.538 6	397.024 2
9.0	400.680 70	423.902 6	431.583 0	437.751 0

## 2) 临界流速计算模型。

采用针对黏土比较适用的 Jufin-Lopatín 模型计算黏土的临界流速<sup>[4]</sup>:

$$v_c = 8.3D^{1/3} (C_{vd}\psi)^{1/6} \quad (3)$$

式中:  $\psi$  为系数, 按表2取值;  $C_{vd}$  为浓度;  $D$  为管径。计算结果见表3。

表2 系数  $\psi$  的取值

粒径 $d/\text{mm}$	$\psi$	
	Jufin & Lopatin (1966)	Jufin (1971)
0.05 ~ 0.10	0.020	0.02
0.10 ~ 0.25	0.093	0.20
0.25 ~ 0.50	0.404	0.40
0.50 ~ 1.00	0.755	0.80
1.0 ~ 2.0	1.155	1.20
2.0 ~ 3.0	1.500	1.50
3.0 ~ 5.0	1.770	1.80
5 ~ 10	1.940	1.90
10 ~ 20	1.970	2.00
20 ~ 40	1.800	2.00
40 ~ 60	1.680	2.00
> 60	1.680	2.00

表3 体积浓度和临界流速的关系

体积浓度/%	3.03	5.87	8.71	11.56	14.40	17.25	20.09
临界流速/(m·s <sup>-1</sup> )	3.42	3.82	4.08	4.27	4.43	4.57	4.68

综上, 施工流速需要控制在 4.5 m/s, 这样既能很好控制堵管问题的发生, 又能保证施工产量。

## 4 效果分析

通过将切泥厚度从原来的平均 2 m 以上调整成 1.5 m 以下, 进尺从原来的 1.5 m 调整成 1 m, 施工时绞刀切削下来的泥土块减小, 因此不再糊绞刀, 也避免了每次糊绞刀需要清理的时间, 该问题的解决使时间利用率由原来的 55% 提高到 63%。

泥泵和管路输送的工艺优化, 确定了最佳的施工流速和施工浓度, 降低了堵管风险, 设备能力得到充分发挥, 产能有了进一步提高, 由原来的 1 080 m<sup>3</sup>/h 提高到 1 310 m<sup>3</sup>/h, 提高幅度超过 20%。

## 5 结论

虽然起球黏土的施工是疏浚界的难题, 但是从实践中发现, 如果对一些施工相关原理进行分析研究, 结合实际工程试挖总结, 能够得到预期的效果。

1) 绞吸船施工起球黏土时, 出现糊绞刀现象, 要从施工方式上进行解决, 采用小切厚大进步的施工方式, 切厚不超过 1.5 m, 进步大约 1 m。

2) 绞吸船输送起球黏土时, 流速控制在 4.5 m/s 以上, 浓度控制在 10% ~ 15%, 如果管线短于本工程的管线, 浓度可以适当提高。

## 参考文献:

- [1] 王小弟, 陶冲林. 新海鳄轮挖吹硬塑性亚黏土施工分析[J]. 中国港湾建设, 2007(6): 43-46.
- [2] 王其松, 严军, 邓家泉. 绞吸式挖泥船产量优化研究[J]. 水运工程, 2013(3): 48-55.
- [3] JTJ 319—1999 疏浚工程技术规范[S].
- [4] 李炜. 水力计算手册[M]. 北京: 中国水力水电出版社, 2006.