



# 重型绞吸挖泥船装驳、靠驳施工试验及优化

佟德财，李明洋

(中交(天津)疏浚工程有限公司, 天津 300450)

**摘要：**“天鲲号”绞吸挖泥船是我国首艘具备旁吹装驳功能和实际装驳施工经验的重型绞吸挖泥船。针对“天鲲号”在国外某工程装驳施工过程中出现的施工综合效率不高的问题，分析研究“天鲲号”装驳过程试验数据，优化舱容7 000 m<sup>3</sup>泥驳靠离“天鲲号”与船的操作关键参数，提高了“天鲲号”的综合产能，为类似工程总结了经验；通过小型泥驳配合“天鲲号”试装驳的试验，发现针对舱容2 000 m<sup>3</sup>小型泥驳船配合“天鲲号”出现的问题，对“天鲲号”的护舷、系泊装置、装驳管等设备存在的问题提出改进建议，为小型泥驳船配合“天鲲号”施工时“天鲲号”的改造提供参考。

**关键词：**“天鲲号”；泥驳；设备；优化

中图分类号：U 616

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2021)08-0230-05

## Construction test and optimization of loading and mooring of heavy cutter suction dredger

TONG De-cai, LI Ming-yang

(Tianjin International Marine Engineering Co., Ltd., Tianjin 300450, China)

**Abstract:** “Tian Kun Hao” is the first heavy-duty cutter suction dredger with a side-blowing barge function and actual barge construction experience in China. Aiming at the low construction efficiency of “Tian Kun Hao” in a project abroad, we analyze the data of its barge loading and optimize the key parameters of the 7,000 m<sup>3</sup> mud barge berthing and leaving the “Tian Kun Hao” to increase the productivity of “Tian Kun Hao”. Through the test of barge loading of small mud barge cooperating with “Tian Kun Hao”, it is found that the small mud barge with a capacity of 2,000 m<sup>3</sup> has problems with “Tian Kun Hao”. Some suggestions are put forward for the improvement of the fender, mooring device, barge loading pipe, and other equipment of “Tian Kun Hao”, which can provide a reference for the reconstruction of “Tian Kun Hao” when the small mud barge cooperates with the construction project.

**Keywords:** “Tian Kun Hao”; barge; equipment; optimization

“天鲲号”绞吸挖泥船(简称“天鲲号”)是我  
国首艘自主研发的自航绞吸挖泥船，于2018年6月  
出厂，通过大连、启东等工地的试验后投入到国外  
某工程进行施工。该工程共投入2个绞吸船组，分  
别是“天鲲号”及2条7 000 m<sup>3</sup>配套泥驳。在装驳  
过程中发现舱容7 000 m<sup>3</sup>自航驳靠离泊时间过长，  
严重影响了“天鲲号”综合生产率，而杨德诺公司  
的J.F.J号重型绞吸船及配套的4条泥驳进行装驳外  
抛施工，现场参考并记录了J.F.J号的装驳设备及靠  
驳、装驳工艺情况作为对比依据<sup>[1]</sup>。通过“天鲲号”

在施工期间与2条舱容7 000 m<sup>3</sup>泥驳联合作业，并依  
托现有设备，进行“天鲲号”与2 000 m<sup>3</sup>泥驳配合靠  
装驳试验，发现多个影响装驳效率和施工安全的问  
题。通过对比分析提出针对“天鲲号”现有条件靠  
驳、装驳工艺以及“天鲲号”设备的改进建议，提  
高了“天鲲号”靠驳、装驳效率及综合生产能力。

### 1 “天鲲号”靠、装7 000 m<sup>3</sup>泥驳试验分析

#### 1.1 “天鲲号”及7 000 m<sup>3</sup>泥驳性能参数

“天鲲号”为自航绞吸挖泥船，总吨位9 587 t，

总长 140 m, 总宽 27.8 m, 型深 9 m, 平均满载吃水 6.5 m, 航速 12 kn, 公称产量 6 000 m<sup>3</sup>/h, 吸排管管径 1 m, 公称排距 6 km, 挖深 6~35 m, 排距 0~15 km。

航驳 7001、7002 为自航泥驳, 其总吨位 6 171 t, 总长 101.74 m, 型宽 22 m, 型深 9 m, 平均满载吃水 7.3 m, 平均空载吃水 6.5 m, 其航速满载时为 8 kn、轻载时为 11 kn, 泥舱容积 7 000 m<sup>3</sup>, 载泥质量 9 000 t。

## 1.2 泥驳装驳试验

### 1.2.1 现场工况

“天鲲号”施工区要求挖深 -18.20~-16.72 m, 疏浚土主要分为粉质黏土和砂岩, 与勘察资料基本吻合, 2 条 7 000 m<sup>3</sup>泥驳航驳 7001、7002(图 1) 双侧靠泊装驳施工效率不高, 抛泥区距施工区平均距离为 14.82 km, 施工区土质分列为:

1) 粉质黏土, 黑灰色, 软塑-可塑, 占比 45%~55%;

2) 粉质黏土, 褐黄色, 硬塑-坚硬, 占比 20%~30%;

3) 粉质黏土, 全风化-强风化, 占比 15%~20%, 少量呈块状, 平均块径 10~20 cm, 强度较高, 约 20 MPa。



图 1 “天鲲号”与 7 000 m<sup>3</sup>泥驳配合装驳

### 1.2.2 “天鲲号”装驳试验

“天鲲号”主要与 7 000 m<sup>3</sup>泥驳共同进行装驳作业, 试验过程及数据分析结果见表 1、2。

表 1 “天鲲号”施工参数

日期	绞刀转速/(r·min <sup>-1</sup> )	绞刀吸口下沿深度/m	绞刀功率/kW	横移拉力/kN	流速/(m·s <sup>-1</sup> )	水下泵吸入真空/kPa	水下泵转速/(r·min <sup>-1</sup> )	水下泵排压/kPa
4月13日	30	16.67	1 128	318	5.54	71	167	16
4月14日	30	17.63	1 478	295	5.69	75	173	16
4月15日	35	18.40	1 703	293	6.70	88	187	17
4月16日	35	18.43	1 823	403	6.50	83	186	17

表 2 抛泥情况

泥驳名称	靠驳时间/min			离泊时间/min			装舱量/m <sup>3</sup>		残留量/m <sup>3</sup>	
	平均	最快	最慢	平均	最快	最慢	最大	最小	最大	最小
航驳 7001	40	12	73	11	8	33	5 088	2 900	1 400	500
航驳 7002	32	22	69	26	11	49	5 693	2 641	1 300	600

### 1.3 “天鲲号”装驳存在的问题

#### 1.3.1 舱容 7 000 m<sup>3</sup>泥驳装驳量

在装驳施工中, 按照船舶设计要求, 当吃水达到 7.5 m 安全施工载重线时, 不应再进行装驳作业。在配合 7 000 m<sup>3</sup>泥驳的装舱过程中, 装载 30 min 时, 泥驳左舷吃水 6.9 m, 右舷吃水 7.7 m, 装驳量较少, 但此时泥驳横倾现象较为严重, 为保障施工安全, 不再进行装驳。7 000 m<sup>3</sup>泥驳离驳后自行开始抛泥作业<sup>[2]</sup>。

由于“天鲲号”装驳管出口并未在 7 000 m<sup>3</sup>泥驳中心线处, 致使装驳管调整较为困难, 而粉质黏土的扩散效果欠佳且容易起堆, 造成装驳土方量过少。

#### 1.3.2 泥驳靠、离泊时间

7 000 m<sup>3</sup>泥驳靠“天鲲号”右舷时, 采取泥驳从口门进入, 行驶至与“天鲲号”平行首尾对齐(图 2)、距离“天鲲号”150 m 位置掉头停靠的方案, 其靠驳时间为 50~60 min, 有

一定的优化空间。

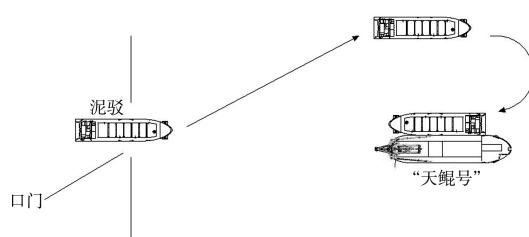


图 2 “天鲲号”右舷靠驳

7 000 m<sup>3</sup>泥驳靠“天鲲号”左舷采取船舶进入口门后掉头，再向后倒至与“天鲲号”平行，两船之间间距保持在 100 m，横靠“天鲲号”(图 3)。该方案靠驳时间为 60~70 min，有一定的缩减空间。

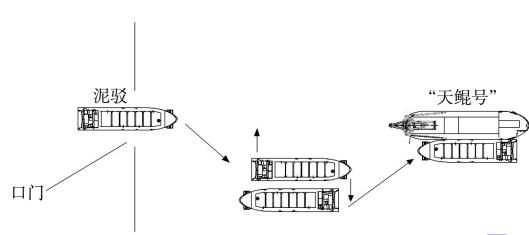


图 3 “天鲲号”左舷靠驳

## 1.4 装驳产能优化措施

### 1.4.1 装驳管改造

针对“天鲲号”装 7 000 m<sup>3</sup>泥驳时，装驳管难以在泥驳的中心线位置的情况进行装驳管改造(图 4)：首先利用挡板改变出口泥浆方向，改造后装驳位置可位于驳船中心，后期再次对装驳塔管线前侧的出口进行改造，两侧焊接一个 30°弯头，使疏浚土充分装至泥驳内，避免装驳时出现倾斜情况，满足了泥驳平稳的需求。



图 4 “天鲲号”装驳管改造

### 1.4.2 泥驳靠、离驳方案优化措施

#### 1.4.2.1 右舷方案优化

1) 优化方案 1：泥驳从口门驶入，行驶至与“天鲲号”平齐的位置(图 5)保持 150 m 间距，进行 180°掉头，然后保持 0.3 kn 船速横靠“天鲲号”。该方案从船舶进入口门到合泵施工所需时间为 45~55 min，仍未达到理想效果<sup>[3]</sup>。

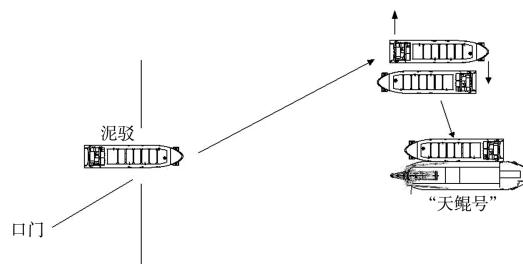


图 5 “天鲲号”右舷靠驳优化方案

2) 优化方案 2：泥驳从口门驶入，行驶至与“天鲲号”平齐的位置保持 70 m 间距，进行 360°掉头，保持 0.7~1.0 kn 船速横靠“天鲲号”，距离 20 m 左右时降低船速到 0.3 kn(图 5)。该方案从船舶进入口门到合泵施工所需时间为 20~30 min，最快 16 min 完成靠驳，达到较为理想的效果。

#### 1.4.2.2 左舷方案优化

泥驳驶入口门口顺“天鲲号”右舷驶入，于“天鲲号”船尾处掉头，行至与“天鲲号”左舷平行(图 6)保持 30 m 间距，然后以 0.3 kn 航速横靠“天鲲号”。该方案从船舶进入口门到合泵所需时间为 25~35 min，最快 19 min 完成靠驳，达到较为理想的效果。

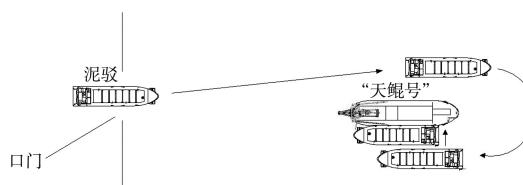


图 6 “天鲲号”左舷靠驳优化方案

### 1.4.3 “天鲲号”靠驳设备及改进

“天鲲号”两侧船舷各布置 4 片护舷(图 7)，护舷之间间隔较大，当泥驳靠驳时，护舷容易摩擦走位，稳定性差。

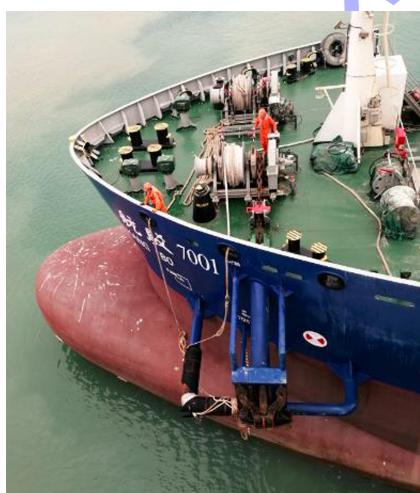


图7 “天鲲号”护舷

“天鲲号”及 $7\text{ 000 m}^3$ 泥驳的锚台为外凸式(图8), 不利于泥驳安全靠离驳, 增大了泥驳靠、离驳的难度, 同时也会增加泥驳靠、离驳时间。



a) “天鲲号”



b) 航驳7001

图8 外凸式锚台

“天鲲号”装驳管采用绞车、钢丝绳、滑轮控制升降, 结构简单, 且装驳管较短, 共4个出泥

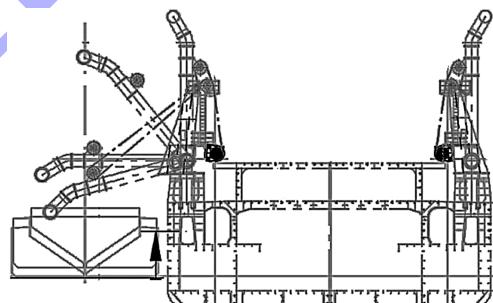
口, 但不能单独控制开关, 装驳管伸出长度不便控制, 泥驳的纵、横倾也难以调节。

通过对“天鲲号”锚台突出位置加装临时碰垫、在 $7\text{ 000 m}^3$ 泥驳锚架位置增加临时碰垫的方式, 减小靠离泊过程中发生船体直接碰撞的可能性, 降低船舶靠、离泊风险, 提高了靠、离泊效率。

## 2 舱容 $2\text{ 000 m}^3$ 泥驳靠、离“天鲲号”装驳试验

### 2.1 装驳试验

由于工程需要掌握“天鲲号”与 $2\text{ 000 m}^3$ 泥驳的配合情况, 因此在工程施工间歇期进行了 $2\text{ 000 m}^3$ 泥驳“垚磊2号”靠、离“天鲲号”的试验。由于“垚磊2号”的船舶尺度与“天鲲号”装驳管不能匹配, 装驳管无法下放至“垚磊2号”泥舱中心位置(图9), 未经改造的 $2\text{ 000 m}^3$ 泥驳不具备装载条件, 故本次试验仅做靠、离泊以及吹水装驳实验, 未进行挖泥装驳试验<sup>[4]</sup>。

图9 “天鲲号”与 $2\text{ 000 m}^3$ 泥驳配套

### 2.2 装驳存在的问题

1) 由于“天鲲号”单侧仅4片护舷, 加之“天鲲号”和 $7\text{ 000 m}^3$ 泥驳防风锚台布置均突出船体, 造成泥驳靠驳时在切入角度、靠近速度等方面有较多不妥之处, 整个靠驳过程长达30 min, 泥驳靠驳存在安全隐患, 且靠驳时间过长。

2) “天鲲号”船首部系泊绞车位置较高,  $2\text{ 000 m}^3$ 驳主甲板位置较低, 缆绳上下角度过大导致首缆无法使用。 $2\text{ 000 m}^3$ 泥驳带缆桩与“天鲲号”不匹配, 需要多条缆绳固定船位, 大幅增加了带缆的作业时间和工作量。

3) 泥驳出缆孔位置距离“天鲲号”挂缆桩距离较大且角度不佳, 每次靠驳需要“天鲲号”和

驳船各 3~4 人带缆，总出缆 6 根，带缆时间长。

4) 无论是使用“天鲲号”绞缆机还是泥驳绞缆机，在主船横摆挖泥过程中随着主船和驳船相对位置的变化，都存在缆绳易松弛的现象，泥驳与“天鲲号”不能紧密靠紧，造成装驳管在泥驳泥舱位置不稳，装驳管装舱位置不可控，需要经常对绞缆机缆绳进行收放操作。

5)  $2\ 000\ m^3$  泥驳泥舱宽度仅 9.4 m，而“天鲲号”装驳管伸出舷外 10.05 m，装驳管下放后位于泥舱一侧，导致装舱不均匀，不能保证装驳平整度。 $7\ 000\ m^3$  泥驳泥舱与装驳管相比长度过大，且装驳口开度不能独立控制，在装驳过程中需要前后移船，否则会造成泥驳纵倾，装驳量降低且不利于安全航行。

### 3 结语

1) “天鲲号”在进行较大泥驳(舱容 4 000~ $7\ 000\ m^3$  泥驳)的装驳作业时，既要考虑船舶操控的安全性也要考虑船舶综合生产能力的提升，应在修船期间解决船舶靠离过程中存在的安全隐患问题，在装驳过程中考虑到泥驳的装驳平衡，确保船舶前后、左右吃水保持同等安全水平，以提高装驳量。

2) 在针对较小泥驳装驳(舱容 2 000~4 000  $m^3$ )

泥驳)作业时，需要注意 4 个方面：①将“天鲲号”护舷改造为全覆盖式，甲板上布设多个挂桩，相邻护舷之间相互连接、构成整体，须在配套泥驳舱内设计专用挂钩用于护舷调遣；②更改防风锚台形式，保证船体舷侧平整无凸起，或者在新制造护舷时渐进增加护舷厚度将防风锚包裹于靠垫以内；③在“天鲲号”舷侧开孔，加布出缆孔，针对配套泥驳缆桩位置确定出缆孔位置，建议改用滑轮出缆装置，以减少缆绳过多弯折和缆孔摩擦对绞车效能的削弱。在泥驳上增加缆绳绞车固定泥驳船位，系泊绞车设计为自拉紧形式，设置恒定拉力；④在“天鲲号”装驳管纵管中设计一节可拆卸的加长管，同时在装驳横管两侧加装导向弯头，调整装驳位置处于泥驳泥舱中间。

### 参考文献：

- [1] 刘斌, 肖典雅, 曹永港, 等. 大型绞吸船开挖深水航道艉吹装驳工艺[J]. 水运工程, 2013(8): 182-185, 190.
- [2] 刘昊, 蓝洋, 齐仲凯, 等. 1.1 万  $m^3$  耙吸挖泥船艏吹装驳施工技术[J]. 水运工程, 2019(10): 204-208.
- [3] 张志军, 董喧. 重型绞吸船挖岩施工中装驳工艺[J]. 中国港湾建设, 2014(5): 53-56.
- [4] 程继, 刘斌. 大型绞吸船开挖深水航道岩石方案优化[J]. 水运工程, 2014(5): 152-155.

(本文编辑 郭雪珍)

(上接第 201 页)

- [3] 冯忠居, 冯瑞玲, 赵占厂, 等. 黄土湿陷性对桥梁桩基承载力的影响[J]. 交通运输工程学报, 2005(3): 60-63.
- [4] 彭勘, 施建勇, 黄刚. 考虑挤土效应的桩基承载力分析[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2002, 30(2): 105-108.
- [5] TOMLINSON M J, WOODWARD J. Pile design and construction practice[M]. Boca Raton: CRC Press, 2015.
- [6] 陈仁朋, 陈云敏, 李琪, 等. 某工程桩的可打性试验研究[J]. 岩土工程学报, 2001, 23(2): 235-238.
- [7] GANNON J A, MASTERTON G G T, WALLACE W A, et al. Piled foundations in weak rock[M]. London: Ciria, 1999.

- [8] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 港口工程桩基规范: JTS 167-4—2012 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2012.
- [9] BSI. BS EN 1997-1: 2004: Eurocode 7: Geotechnical design-Part 1: General rules[S]. London: BSI, 2004.
- [10] 王怀元, 李德新. 高应变动力测桩法在桩基检测中的技术探讨[J]. 地质与勘探, 1999, 35(6): 91-93.

(本文编辑 郭雪珍)