



# 主机复合驱动式耙吸船抛艏艉锚吹填工艺

陈开奇<sup>1</sup>, 牛丽泽<sup>1</sup>, 杨正军<sup>2</sup>

(1. 中交(天津)疏浚工程有限公司, 天津 300450; 2. 天津市疏浚工程技术企业重点实验室, 天津 300457)

**摘要:** 采用主机复合驱动形式的耙吸船, 在吹填作业中往往因吹填管线较短、管径过大、吹填输送浓度较高等因素, 柴油机会发生超负荷现象, 导致螺旋桨功率不足, 造成安全隐患。为此, 采用理论计算及设备性能操作分析方法, 进行超负荷及功率分配问题的研究, 提出抛艏艉双锚、主机功率分配优化等措施。结果表明, 柴油机功率分配提高后, 可以有效解决超负问题, 大幅提高耙吸船吹填施工生产率。

**关键词:** 艏艉锚; 负荷; 功率

中图分类号: U 616

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)09-0212-04

## Blowing-filling technology of throwing bow and stern anchor by main engine combined drive trailing suction boat

CHEN Kai-qi<sup>1</sup>, NIU Li-ze<sup>1</sup>, YANG Zheng-jun<sup>2</sup>

(1. Tianjin International Marine Engineering Co., Ltd., Tianjin 300450, China;

2. Tianjin Key Laboratory of Dredging Engineering Enterprises, Tianjin 300457, China)

**Abstract:** The main engine-driven trailing suction dredger is often overloaded due to short hydraulic filling pipeline, large pipe diameter, and high concentration of hydraulic filling transportation, resulting in insufficient propeller power and potential safety hazard. Therefore, we study the overload and power distribution by theoretical calculation and equipment performance operation analysis and put forward measures such as throwing bow and stern double anchors and optimizing power distribution of the main engine. The results show that after the power distribution of the diesel engines is improved, we can effectively solve the problem of overburden and greatly improve the productivity of the dredger suction.

**Keywords:** bow and stern anchor; load; power

耙吸船大多采用主机复合驱动形式, 即主机功率同时供给泥泵、螺旋桨、轴带发电机。其优点在于设备利用率高、能量损失较少, 整体性能优于单独驱动模式船舶。但是, 各设备间相互影响较大: 当泥泵功率分配较低时, 如果依旧保持较高的输送浓度, 就会导致超负荷现象的发生; 如果降低浓度, 就会降低船舶输送生产率, 增加施工成本<sup>[1]</sup>。

目前, 对于耙吸船吹填功率控制的研究较为普遍: 于涛<sup>[2]</sup>对粉质黏土进行吹填参数分析, 提

出在不同吹填浓度下的适宜参数; 盛晨星等<sup>[3]</sup>通过对比不同驱动模式耙吸船进行功率分配及能耗的总结分析; 张裕山<sup>[4]</sup>通过对吹填整体工艺流程的重点梳理, 对柴油机超负荷问题进行了影响因素分析。本文以通远轮为例, 通过理论分析与实船试验, 创新应用了大型复合驱动式耙吸挖泥船艏艉双锚船位固定技术, 无需舵桨和电侧推系统辅助控制, 针对当地狭窄水域的工况条件, 优化了船舶定位和泥泵的功率分配, 提高了吹填施工效率。

收稿日期: 2021-01-06

作者简介: 陈开奇(1993—), 男, 硕士, 工程师, 从事疏浚工艺管理等工作。

### 1 主机功率分配

主机负荷计算公式:

$$\alpha = P_{\text{转}} / P_{\text{额}} \tag{1}$$

式中:  $\alpha$  为负荷;  $P_{\text{转}}$  为当前转速下泥泵所需的轴功率;  $P_{\text{额}}$  为当前转速下柴油机所能提供给泥泵的功率。

超负荷现象发生的原因通常为泥泵轴功率分配不足<sup>[5]</sup>。当吹填浓度较高、流量较大时, 泥泵所需的轴功率较大, 如果此时柴油机提供的功率不足, 就会出现超负荷现象, 导致泥泵降转, 扬程降低, 影响施工; 如果降低吹填浓度, 虽然会

使超负荷现象得到缓解, 但很大程度上会降低生产率。

耙吸船在主机功率一定的情况下, 若螺旋桨和轴带发电机的功率过大, 必然导致泥泵获得的功率减小, 直接影响吹填施工效率。抛艏艙双锚固定船位停车吹填施工后, 船舶不再借助于船尾螺旋桨、舵、侧推器等设备控制船位, 主机对推进系统分配的功率比例大幅降低, 可以将节约出的主机功率用于泥泵吹填上, 防止超负荷现象的发生。主机功率分配显示见图 1。

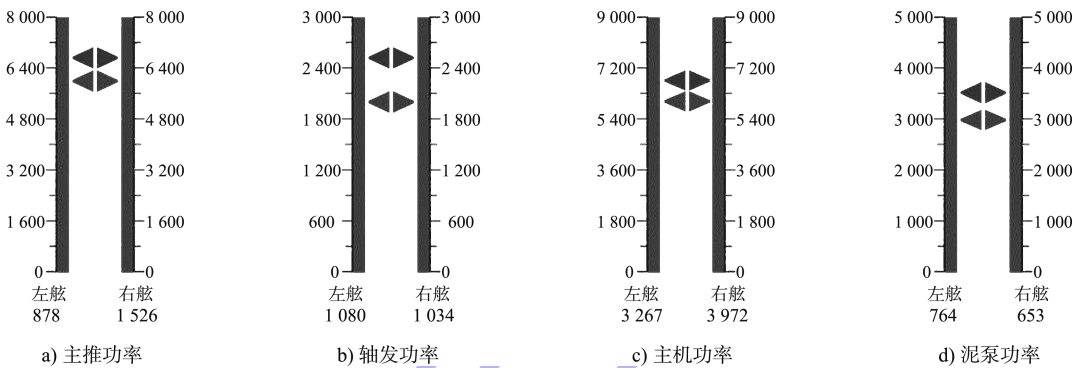


图 1 主机功率分配 (单位: kW)

在主机功率一定时, 随着桨角的减小主推功率逐渐减小, 泥泵供给功率逐渐增大, 将节约出的主推功率转换成泥泵供给功率。泥泵轴端功率的增加能有效避免因浓度高、口径大、管线短造成的超负荷, 从根本上实现了主机功率资源的优化配置, 做到随机管理, 实时养护。主机功率与泥泵功率关系见表 1。

表 1 主机功率与泥泵功率关系

左桨角/ (°)	左主推 功率/kW	左泥泵供给 功率/kW	右桨角/ (°)	右主推 功率/kW	右泥泵供给 功率/kW
40	1 245	1 280	40	1 230	1 300
35	1 203	1 322	35	1 195	1 335
30	1 170	1 355	30	1 140	1 390
25	1 155	1 370	25	1 115	1 412
20	1 137	1 388	20	1 085	1 445
15	1 100	1 431	15	1 048	1 480
10	1 026	1 499	10	1 017	1 510
0	969	1 556	0	985	1 545

### 2 抛艏艙双锚固定船位

耙吸船吹填施工须固定船位, 只利用艏锚固

定船位, 艏锚锚链方向向后, 有时紧贴船壳, 甚至进船底, 锚链受力后容易刮伤船底, 造成腐蚀。由于只有艏锚固定船位, 船尾会在车舵作用下做旋回运动, 所需旋回半径较大, 不适合在狭窄水域施工作业。最重要的是如果在吹填过程中风流突然变化, 锚链很容易出现打横, 船位很难控制, 频繁用车舵把定会造成主推功率分配比例更大, 而泥泵供给功率会更少, 出现超负荷现象, 严重时会出现泥泵脱排、突然断电、堵管等现象。

接管时, 控制船位在浮管的上风流处, 选择距管头 85~110 m 抛下艏锚, 控制锚链长度, 见图 2。



图 2 船首与管头位置关系

慢速接近管头，航速降至 0.3~0.5 kn，待船首接近管头上风流侧位置时，抛出上风侧的艏锚，见图 3。



图 3 风流向作用

船首退至管头处时，刹住艏艮锚，固定住船位，接牵引钢丝并绞钢丝，见图 4。



图 4 船舶后移至管口并接管头

船位固定后艏锚链方向与艏艮向夹角一般为 20°~45°，艮锚链方向与船向夹角一般为 0°~10°。船首抛锚 1 节入水，船尾抛锚 2~4 节入水。船位稳定后，艏艮锚将同时受力以固定船位，见图 5。

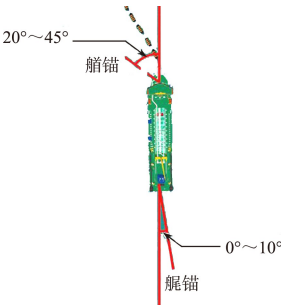


图 5 船位固定

由于艏艮均有锚链固定船位，船尾不会随意摆动且随着吹填后船舶吃水减小锚链受力会更加绷紧，压向下风流趋势逐渐减小，不会大角度转向，所以所需作业水域较小，尤其在拆管过程中，可通过起艮锚将船向后拖出，适合在吹填区水域狭窄区域施工作业。此外，通远轮利用艏艮

锚旋回半径较小这一优点在检修设备、补给时选择在吹填区固定船位，对他船施工作业无影响。

在吹填作业中，应密切关注吹填浓度、流速、排压、真空等施工参数的变化，吹填流速应始终高于临界流速。对于已知管线长度和直径，输送的临界流速跟土质颗粒尺寸和形状、混合物颗粒的浓度、颗粒的比重都有直接关系，不同土质所需输送流速不同。

由 Durand 模型得出公式：

$$v_c = F_L \sqrt{2g(S_s - 1)D} \tag{2}$$

式中： $v_c$  为实用流速； $F_L$  为杜兰德系数； $S_s$  为土颗粒密度； $D$  为管径。

在施工过程中根据施工土质选取经验数值，如表 2 所示。

表 2 不同土质所需的输送流速

土壤类型	流速/( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	备注
粉土	2.0~3.0	-
细砂	3.0~4.0	-
中砂	3.5~4.5	-
极软黏土	4.0~5.0	易堵管
粗砂	4.0~5.0	-
含细砾石砂	4.5~5.0	-
含中砾石砂	4.5~5.5	-
硬黏土	4.5~5.5	易堵管

在吹填作业前期，正常情况下应保持抽舱引水阀关闭，防止泥浆回流淤浅吹填区。若舱内余水较少、干土方较多、高压冲水流量不足以供给泥泵吹填时，应开启抽舱引水阀，并注意流速变化。出于对设备的保护，高压冲水泵在冲舱过程中只保持 1 或 2 组冲水蝶阀的开启以避免流量过大，造成超负荷。同时，要密切注意泥泵封水泵运转情况，包括流量、压力等，记录正常工作的参数值。

在装舱过程中泥沙大部分沉淀在装舱口位置处，沉淀层较厚，为了加快吹填施工操作，可提前开启此处高压冲水，适当增加冲水压力，加速分散液化。在船首和船尾位置若沉淀较少应少开高压冲水组数，降低冲水压力，必要时可使用单泵或关闭。当浓度过高时引起超负荷造成主机降速，具体表现为排压增大，扭矩、流速下降较快，

此时不可全开吸口闸阀用清水过通管线, 应适当调节小泥门开度、高压冲水蝶阀及抽舱引水阀降低吹填浓度。尽可能避免高真空造成对泥泵及管路的严重气蚀, 尤其是含有黏土和板结在泥舱的密实砂, 泥泵真空度最高不能超过 $-80\text{ kPa}$ , 真空度最大限值在不同土质、浓度、流速时会略有不同。

主机在超负荷时, 转速会下降, 从而降低泥泵的扭矩, 因此, 应避免在降速后开启小泥门造成负荷再次加大。

3 安全措施

接管时风力应在 6 级以下, 及时收听气象信息, 预防防风。

吹填区底部土质应满足抛锚条件, 既要保证锚的抓力又要保证能够顺利起锚。

吹填期间艏锚发生走锚时, 可利用艏侧推器控制船位, 防止船位压向下风流处; 在吹填前期可利用艏侧推器调整到原船位, 起锚重抛, 在抛艏锚前向上风流多抢占船位, 抛艏锚时多松出锚链增加拉力, 防止走锚。当艏锚发生走锚时, 由于艏锚的系固作用, 利用车舵转向调整船位几乎无效果。

吹填期间艏锚发生走锚时, 利用艏侧推器、进倒车、舵控制船位。无突风情况下艏锚不容易走锚。

吹填期间突发大风时, 应利用艏侧推器、车、

舵控制船位。加强与周围施工船舶间的联系并注意富余水深, 防止搁浅。船位难以控制时, 通知疏浚台过清水准备拆管。在拆管时, 可先拆管后起艏锚, 利用艏锚抓力减缓船位被压向下风流一侧。

4 结论

1) 应用主机复合驱动式耙吸船抛舱艏锚吹填工艺, 可重复优化主机功率分配, 将更多功率分配给柴油机泥泵, 提高施工生产率;

2) 抛舱艏双锚工艺可以简化驾驶员操作, 提升安全系数;

3) 该工艺具有较大的适用性, 尤其是当水域较为狭窄时, 可以有效提高经济和社会效益。

参考文献:

[1] 王进, 陈瑞. 耙吸式挖泥船液压系统技术改造分析[J]. 中国水运, 2020(12): 113-115.

[2] 于涛. 中大型耙吸船舱吹粉质粘土输泥系统参数动态特性研究[J]. 中国水运, 2020(6): 81-84.

[3] 盛晨兴, 宁昶雄, 万滔.  $8\,000\text{ m}^3$  自航耙吸挖泥船“一拖三”复合驱动方式分析[J]. 船舶工程, 2017, 39(8): 30-34.

[4] 张裕山. 耙吸船舱吹造地的施工工艺及影响因素[J]. 珠江水运, 2020(9): 102-103.

[5] 郝光杰, 俞孟蕪, 洪国军, 等. 自航式耙吸挖泥船疏浚性能评估系统设计[J]. 水运工程, 2020(12): 212-216, 227.

( 本文编辑 郭雪珍 )

( 上接第 177 页 )

参考文献:

[1] TERZAGHI K, PECK R B, MESRI G. Soil mechanics in engineering practice[M]. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 1996.

[2] 赵娟, 吴友仁, 韩瑞芳. 排水板堆载预压加固软基中固结度和沉降的计算[J]. 水运工程, 2008(12): 146-150.

[3] 谢万东. 基于 Asaoka 法的软基处理动态设计[J]. 水运工

程, 2020(12): 191-194, 205.

[4] 李松, 陈秋南, 王建东. 堆载预压处理吹填砂软土地基的固结度分析[J]. 西部交通科技, 2010(5): 19-22, 27.

[5] 中交天津港湾工程研究院有限公司. 水运工程地基设计规范: JTS 147—2017[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2017.

( 本文编辑 王璁 )