

文章编号: 1004 - 7271(2001)02 - 0145 - 04

具有水力推进器的水下清淤机的设计

朱永兴, 周 华, 王永鼎

(上海水产大学海洋学院, 上海 200090)

摘 要:采用图谱设计法设计具有水力推进器的行走式水下清淤机,目的是为了适应水下复杂的土层条件。计算显示,装有一个水力推进器后可增加推力 300N 左右,结果令人满意。经实验测试,装了水力推进器的清淤机能明显改善工作情况,得到测试部门的肯定。

关键词:推进器;水下清淤机;推力

中图分类号: S951 文献标识码: A

Design for under-water purge machine with propeller

ZHU Yong-xing, ZHOU Hua, WANG Yong-ding

(Ocean College, SFU, Shanghai, 200090, China)

Abstract: In this paper, the under-water purge machine with propeller is designed by using a collection of illustrative plates in order to fit with complex earth condition under water. The calculating result shows that one propeller will increase the force by about 300N. It well meets the requirement. After testing at the site, the purge machine with propeller is obviously advanced to increase its capacity and was approved by inspective authority.

Key words: propeller; under-water purge machine; propulsion

遥控潜吸式水下清淤机与低质心升沉可控自动水下清淤机产品自问世以来以其耗电省、自动化程度高而广受欢迎,产品遍及江苏、山东、福建、江西、北京、上海等二十多个省市的渔业和水利部门的鱼虾塘和中小型河道^[1]。在多年的实践使用、跟踪调查中发现,这类清淤机在高低不平或软硬相差较大的水底淤泥层上行走时,常遇到很大阻力,有时这种阻力会迫使清淤机停止前进,而机身两侧的行走轮因继续转动而下陷,从而清淤机的前进阻力更大,导致清淤效率受到严重影响。也就是说,上述清淤机难以适应水下复杂的土层条件,为此,设计一种具有水力推进器的行走式水下清淤机有其现实意义。

1 设计方案

1.1 基本思想

在原有的清淤机上安装水力推进器,由水力推进器产生的附加推力来克服机身陷入淤泥而产生的阻力,同时,水力推进器产生的水有冲击机身前进时遇到的淤泥层而减少阻力的作用,从而使清淤机在高低不平或软硬相差较大的水底淤泥层上行走自如。此外,当利用浮力装置使清淤机浮出水面时,利用水力推进器使清淤机在水面移动,由此可增加清淤作业的连贯性并提高清淤效率。

水力推进器在鱼塘水下清淤时兼有增氧能力。

收稿日期: 2001-01-06

第一作者: 朱永兴(1943-),男,浙江萧山人,教授,从事渔业机械、清淤机械、液力传动研究。

水力推进器部分包括电机、连轴器和螺旋桨及固定在机身上包围着螺旋桨的导流罩。

1.2 结构示意图

见图1。

1.3 安装数量及位置

水力推进器的安装数量可根据使用的不同要求分别为一个、二个或四个。如图1安装二个水力推进器于机身后部,当需要较大推力或水下淤泥层工况复杂时可以考虑安装四个水力推进器,分别位于机身前、后部。下面的计算以安装一个水力推进器为例。

2 设计计算

考虑采用螺旋桨作为推进器来增加清淤机的推力源于螺旋桨作为船舶推进器已有悠久的历史和完善的基础,螺旋桨主要靠转动而产生推力,也靠转动来吸收电机功率。清淤机的使用要求和工况条件与船舶有所不同,运用船舶推进器的相关理论进行计算的结果需作修正。

2.1 推进器的推力和效率估算

2.1.1 推进器的载荷系数估算 σ_T

运用理想推进器的相关公式估算 σ_T 参考文献[2]。

$$\sigma_T = \frac{T_i}{\frac{1}{2} \rho A_0 V_A^2}$$

式中: T_i 为螺旋桨的推力(N)。

ρ 为流体的密度($\rho = 1000 \text{kg/m}^3$)。

A_0 为螺旋桨的盘面积($d = 0.32 \text{m}$, $A_0 = 0.25\pi d^2 = 0.08 \text{m}^2$)。

V_A 为螺旋桨的轴向运动速度($V_A = 20 \text{m/min} = 0.33 \text{m/s}$)。

粗略估计 T_i 值范围是 150 - 375(N), 得出 σ_T 的计算结果见表1。

2.1.2 推进器的效率估算 η

同样用理想推进器中的动量定理估算螺旋桨的效率 η 。下式中 σ_T 值、 η 值见表1。

$$\eta = \frac{2}{1 + \sqrt{1 + \sigma_T}}$$

2.1.3 计算结果和相对关系图如下

推力和效率的计算结果列入表1,其相对关系见图2。

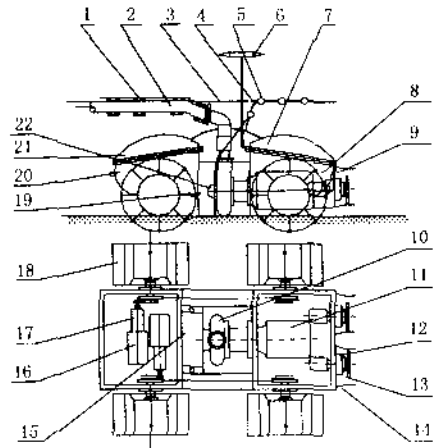


图1 安装水力推进器的水下清淤机结构示意图
Fig.1 The structure sketch of under-water purge machine with propeller

- 1.大浮球 2.排泥管 3.导流罩 4.电源线 5.小浮球
- 6.方向标 7.浮力装置 8.小电机 9.连轴器 10.泥泵
- 11.电机 12.通气管 13.螺旋桨 14.水力推进器 15.盖板
- 16.电机 17.减速器 18.行走轮 19.杂物箱 20.机身
- 21.浮力装置 22.滤网

表1 推力和效率值

Tab.1 The values of propulsion and efficiency

T(N)	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375
σ_T	34.44	40.17	45.91	51.65	57.39	63.13	68.87	74.61	80.35	86.09
$\eta(\%)$	28.77	26.97	25.48	24.22	23.14	22.20	21.37	20.63	19.96	19.36

2.2 螺旋桨水动力性能有关参数的计算

在研究螺旋桨的水动力特性时,通常以无量次数来表达,这样对于不同尺寸的几何相似的螺旋桨就有同样的水动力性能图。

2.2.1 螺旋桨吸收功率的 P_D 估算

已知电动机功率为 $P = 1.1\text{kW}$,取螺旋桨吸收功率的效率为 0.95,那么

$$P_D = 1.1 \times 0.95 = 1.045 \text{ (kW)}$$

2.2.2 螺旋桨马力计算系数 B_P 的计算

已知螺旋桨转速 $n = 1000\text{r/min}$,螺旋桨轴向运动速度 $V_A = 0.33\text{m/sec} = 0.64$ 节,那么

$$B_P = \frac{n \sqrt{P_D}}{V_A^{2.5}} = 3636.59$$

2.2.3 螺旋桨直径系数 δ 的计算

已知螺旋桨直径 $d = 0.32\text{m}$, $n = 16.66\text{m/s}$, $V_A = 0.33\text{m/min}$,那么

$$\delta = \frac{nd}{V_A} = 500$$

2.2.4 螺旋桨进速系数的计算

已知螺旋桨轴向运动速度 $V_A = 0.33\text{m/s}$, $n = 16.66\text{m/s}$, $d = 0.32\text{m}$,那么

$$J = \frac{V_A}{nd} = 0.062$$

2.2.5 螺旋桨转矩系数 K_Q 的计算

因为 $Q = P_D/\omega = 1.1 \times 10^3 \times 0.95/2 \times 3.14 \times 16.66 = 9.98\text{(N)}$, $\rho = 1000\text{kg/m}^3$, $n = 16.66\text{m/s}$, $d = 0.32\text{m}$,所以

$$K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 d^5} = \frac{9.98}{1000 \times 16.66^2 \times 0.32^5} = 0.01$$

3 结果与讨论

采用图谱设计法来设计船用螺旋桨应用广泛,即根据螺旋桨模型敞水系列试验绘制成专用的各类图谱来进行设计^[3]。综合清淤机的结构特点和工况条件,选用 NAU 型 3 叶桨、盘面比为 0.35 的图谱展开。

理论上根据以上计算结果可以通过 $B_P - \delta$ 图谱得出螺旋桨效率 η 和螺旋桨螺距 H/d ,但由于船体的有关数据都比较大,而本设计的相应值均较小,查 $B_P - \delta$ 图谱不能得出所需数据。那么只能应用 $K_T - K_Q - J$ 图谱来求得所需结果^[2]。

3.1 确定螺距比 H/d 值

依据上述求出的 $J = 0.062$, $K_Q = 0.01$,从 NAU3-35 的 $K_T - K_Q - J$ 图谱可以得出 $H/d = 0.4$ 。

螺距比是影响螺旋桨性能的最主要因素之一。当进速系数 J 较小时,螺距比小者效率较高;当进速系数 J 较大时,螺距比大者效率较高。本设计属于前者。

3.2 确定推进器的推力 T 和推进器的效率 η

根据 $J = 0.062$, $K_Q = 0.01$, $H/d = 0.4$,通过 NAU3-35 的 $K_T - K_Q - J$ 图谱采用插入法可以求得推进器的推力系数 $K_T = 0.125$,因为

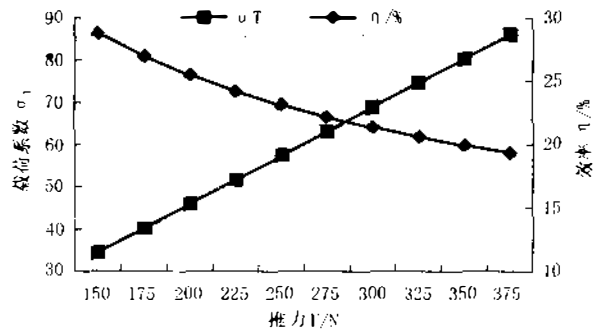


图2 推力、载荷系数和效率关系图

Fig. 2 The relationship between propulsion, loading coefficient and efficiency

$$K_T = \frac{T_i}{\rho n^2 d^5}$$

所以 $T_i = 363.79$ (N), 计算结果在前面预计范围内。

考虑到清淤机在水底工作, 相对阻力较大, 计算结果需修正, 若乘上系数 0.8, 装有一个水力推进器后, 可增加推力 300N 左右, 其效率为 21% 左右, 其结果是令人满意的。当装上两个或四个水力推进器, 由于螺旋桨直径要受清淤机结构限制, 相应的推力不能成倍增长。

4 试验实例简介

2000 年 10 月, 江苏江都市农机推广站和江苏省农机推广站联合将装有两个推进器的清淤机进行测试, 试验条件为天然河沟型鱼塘, 底质条件比人工开挖的差, 初步试验结果显示, 当选用不带螺旋桨的清淤机, 工作时会出现时走时停现象; 而用有两个推进器的清淤机时, 工作情况良好。经二次测试, 每小时清淤土方达到 $32 \text{ m}^3/\text{h}$ (24h 沉淀后), 这种装有推进器的清淤机型得到上述测试部门的首肯。

参考文献:

- [1] 朱永兴. 自动水下清淤机及其推广[J]. 水产科技情报, 1999, 26(4): 181-182.
- [2] 王国强, 盛振邦. 船舶推进[M]. 北京: 国防工业出版社, 1985. 14-27.
- [3] 广东工学院造船系编写组. 船用螺旋桨设计[M]. 北京: 人民交通出版社, 1976. 234-235.