

文章编号: 1674 - 5566(2011)06 - 0938 - 05

## 虾蟹池塘水草收割打捞工艺研究

王永鼎, 沈文蕾

(上海海洋大学 工程学院, 上海 201306)

**摘要:** 为了满足虾蟹养殖塘对水草密度的要求,需对塘内水草进行定时定量的去除打捞。在对传统人工收割打捞和河道清草机分析的基础上,提出虾蟹塘水草收割打捞工艺,根据实际生产需求提出一体化打采式水草切割打捞装置方案,并对该装置主要工作部件的尺寸、转速等参数提出要求。运用流体有限元分析软件 FLUENT 对滚刀进行力学分析,得到打采滚刀轴向力和扭矩。装置采用滚刀打采,螺旋输送式打捞收集,实时脱水。系统结构简单,操作灵活方便,工作连续稳定,省却抽吸泵设备,适应较恶劣的作业环境,抗堵性能强,作业性能稳定,劳动强度低,效率高,满足了淡水养殖业对水草打捞装备成本低、拆装方便等实际需求。

**研究亮点:** 本研究提出了一种新的虾蟹塘水草收割打捞工艺,并设计了一体化打采式水草切割螺旋输送打捞装置方案,实现水草打捞机械化、一体化和集成化,此工艺操作灵活方便,工作连续稳定,省却抽吸泵设备,抗堵能力强,并在收割打捞过程中,实现初步滤水作用,打采收割方式收割效率较高,可连续作业,稳定性好,为虾蟹池塘养殖环境水草处理提出了一种有效方法。

**关键词:** 水草;收割;打捞脱水

**中图分类号:** S 969. 19

**文献标志码:** A

随着经济的快速发展,以淡水虾蟹养殖作为名特优的水产养殖业,市场需求量大、效益好、发展迅速<sup>[1]</sup>。

虾蟹栖息、隐蔽和蜕壳需要合适的场所,目前普遍采用种植水草的方式。池塘中种植的伊乐藻、苦草和轮叶黑藻等,都是优质、速生、高产的沉水植物。以伊乐藻为例,其营养丰富,可以补充投喂谷物和其他饲料多种维生素的不足,饲喂虾蟹可节约精饲料 30% 左右,饲喂草食性鱼类节约精饲料 50% 左右。虾蟹池塘种植伊乐藻,可以净化水质,防止水体富营养化。伊乐藻由于虾蟹喜食,可作为虾蟹的优质青饲料,但因其再生能力强,被虾蟹吃掉一部分后仍能在池塘中很快自然恢复,但是水草的覆盖密度不应超过蟹池总面积的 2/3,过多需要去除<sup>[2]</sup>。

为了控制水草的覆盖率,需要经常对其收割、打捞。采用人工下水收割去除,可以得到一定的效果,但存在收割量控制难、工作强度高、效

率低、危险性大等问题。为解决上述问题,提出设计生产一种集收割、打捞、输送、脱水等一体化的机械设备。该设备适合应用于虾蟹池塘养殖的环境,改善饲养劳动条件,降低饲养成本,对提高池塘养殖虾蟹的产量有非常显著的效果。

### 1 虾蟹池塘水草收割打捞

#### 1.1 目前沉水植物收割打捞方式

目前对虾蟹池塘水草的打捞一般采用人工收割打捞和多功能河道清草机。这两种方式有各自的特点,但都不适合用于虾蟹池塘作业。

##### 1.1.1 人工收割打捞

人工下水作业,使用镰刀等工具,逐把割除,置于岸上。该作业方式作业条件艰苦,环境恶劣,劳动强度大,效率低下。这种收割方式存在明显的缺点,水草的覆盖密度需控制在一定的范围内,人工作业难以保证,并且人员在水中作业对水草根部和虾蟹造成伤害,影响虾蟹品质。

收稿日期: 2011-03-21 修回日期: 2011-07-11

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201003024)

作者简介: 王永鼎(1963—),男,教授,硕士,研究方向为动力机械工程和渔业节能技术、水产与渔业装备自动化等。E-mail: ydwang@shou.edu.cn

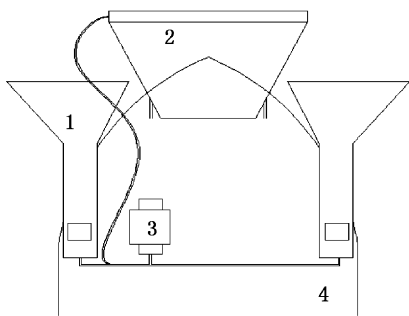
### 1.1.2 河道清草机

这类清草机集收集、输送、滚压、排放等工序,适用于大面积的内河、湖泊中的水草,以及水上漂浮物的清除作业<sup>[3]</sup>。船体需在河宽大于 8 m,水深 0.7 m 以上的河道内航行。由于蟹塘较浅,塘面较窄,且收集的水草无需滚压打包,因此这类清草机并不适合于实际应用,在淡水养殖业中未能推广和普及。

## 1.2 蟹塘水草收割打捞工艺

结合淡水蟹塘养殖塘面较窄、塘深较浅的特点,设计生产一款适用于蟹塘的小型一体化收割打捞装置十分必要。该装置采用打采收割工艺,结合螺旋输送方式,将水草打采切割,并通过螺旋输送方式抽吸至船舱集草盘中。此工艺操作灵活方便,工作连续稳定,省却抽吸泵设备,抗堵能力强,并在收割打捞过程中,起到初步滤水的作用<sup>[4]</sup>。

此工艺装置如图 1 所示,收割部分采用打采滚刀,打捞部分采用螺旋输送方式。其工作流程为:随着船体的前行,水草首先触及安装于船头处的打采收割装置 2 的滚刀,滚刀高速旋转切断草体,被切断的草体漂浮于水面上,随水流进入打捞装置 1 的螺旋输送机构,并被传送至船舱 4 中,输送过程利用螺旋输送机两端的高度差及水的重力,通过输送机脱水口进行初步脱水。打捞部分对称置于船体两侧,整套装置由柴油机 3 提供动力,动力经三条传动路线按比例分配给打捞装置 1 和打采收割装置 2。



1. 打捞装置;2. 打采收割装置;3. 柴油机;4. 船舱。

图 1 收割打捞装置布局示意图

Fig. 1 Schematic layout of the reaping & gathering equipments

## 2 装置关键部件

水质好坏直接影响蟹的生存和生长,并直

接影响渔业的产量和经济效益。蟹最适合生长的水体 pH 一般为 7.8~8.5,为弱碱性环境。

打采收割装置和打捞装置在水中作业,要求有一定的耐蚀性和良好的综合力学性能,装置主体材料选择厚 2 mm 的 2Cr13 不锈钢<sup>[5-7]</sup>。2Cr13 不锈钢在淡水中,具有良好的耐蚀性,且抗冲击载荷能力强。

### 2.1 打采收割装置

#### 2.1.1 打采收割装置工作原理

打采收割装置的主要工作部件为滚刀,是一种外侧装有 3~4 片刀片的圆筒形刀片,固定于转轴上<sup>[8]</sup>,如图 2 所示。动力机械驱动转轴时,带动滚刀高速旋转,滚刀上的刀片随之旋转并触及水体中的水草,当滚刀的转速达到一定时,便可将水体中的水草打采下来。



图 2 打采滚刀

Fig. 2 Gathering hub cutter

目前沉水植物的切割普遍使用的切割器主要有旋转式和往复式两种形式<sup>[9]</sup>。由于切割器在水下作业,加之水草柔软且较长,采用旋转式切割器,容易被水草缠住,工作可靠性低;往复式切割器对柔性水草适应能力差,需要配备整套的外围设备,机构设计复杂,切割效率低,制造成本较高。打采收割可避免缠绕和堵转问题,结构简单实用,滚刀易于生产制造,成本低廉,收割效率较高,可连续作业,稳定性好。

#### 2.1.2 运用 FLUENT 进行受力分析

本研究针对江苏溧阳某蟹塘养殖场实际生产,选用养殖场现有养殖船为工作母船,养殖船型宽 900 mm,型深 400 mm,空载吃水 50 mm。根据船体基本尺寸和装置受力分析,滚刀吃水深度和水草切割要求,选取打采滚刀长 800 mm,轮毂直径 160 mm,刀头高 10 mm,刀壁厚 2 mm,刀头安装角度 5°,刀片数 3 片,刀片叶型沿子午线对称,无涵道。设定滚刀转速 500 r/min,船体静水航速为 0.3 m/s。

本文利用 Fluent 自带的前处理软件 Gambit 对打采滚刀进行建模,采用 Turbo 工具箱及 H 划分方式建立滚刀单叶片流域模型,并进行网格划

分<sup>[10-11]</sup>。

具体的数值结果,可以定量提供科学的数据支持。使用 FLUENT 得出的打采滚刀轴向力和扭矩,如图 3 所示。

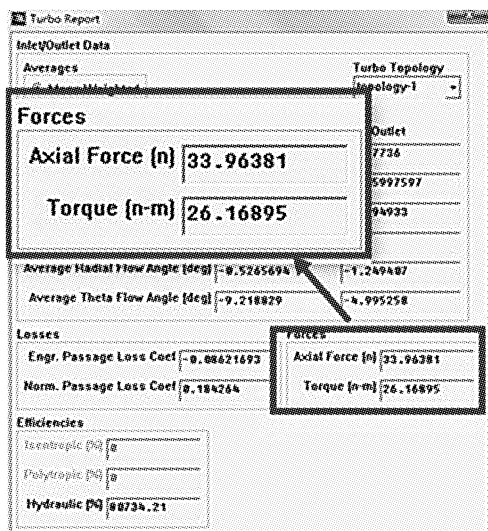


图 3 滚刀计算总体报告

Fig. 3 Total analyzing report of hub cutter

通过计算得到计算结果总体报告,滚刀在转动过程中所受的轴向力为 33.96 N,扭矩为 26.17 N·m。

由于数值模拟是建立在很多边界条件为假设基础上,仅适用于对滚刀模型的初步分析。基于 Fluent 流场模拟分析的方法,为滚刀的优化设计,传动系统设计以及动力装置选配提供了重要数据依据。

## 2.2 打捞装置

### 2.2.1 螺旋输送机构工作原理

打捞装置的主要工作部件是螺旋输送机构,通过带有螺旋叶片的轴在封闭或半封闭的料槽中旋转而推动物料运动<sup>[12]</sup>。螺旋输送机构结构简单,制造成本低,工作可靠,维护方便。经切割的水草漂浮于水面上,水流推动草体至螺旋输送机构的铲状入口处,草体被旋转的螺旋叶片推入料槽中,直至到达上方开口处,掉入船舱或传送带上,收集起来,如图 4 所示,在此过程中,同时完成初步滤水过程。

### 2.2.2 螺旋输送机构主要参数

$$\text{螺旋叶片直径 } D \geq k_z \sqrt[2.5]{\frac{q}{k_d k_\beta \rho_0}} \quad (1)$$

式中: $k_z$  为物料综合特性系数; $Q$  为输送能力

(t/h); $k_d$  为填充系数; $k_\beta$  为倾角系数; $\rho_0$  为输送物料的堆积密度( $t/m^3$ )。

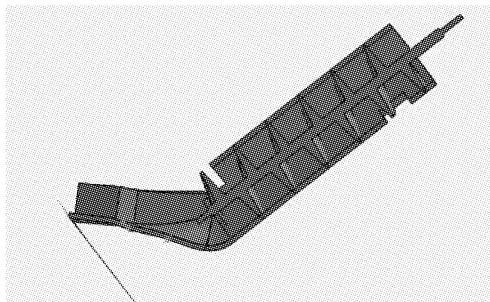


图 4 螺旋输送机构剖视图

Fig. 4 Screw conveyor structure cutaway view

按式(1)计算得出的直径  $D$ ,取整为下列标准螺旋叶片直径:150 mm、200 mm、250 mm、300 mm、350 mm、400 mm、500 mm、600 mm、700 mm、800 mm。本装置选择 160 mm。

$$\text{极限转速 } n_j = \frac{k_i}{\sqrt{D}} \quad (2)$$

式中: $k_i$  为物料特性系数。

为避免出现物料被螺旋叶片抛起而无法输送的现象,转速  $n$  应小于极限转速  $n_j$ (r/min)。

根据收割装置的工作效率,测算螺旋输送机构的输送能力,按式(1)、(2)确定螺旋叶片直径尺寸和极限转速。在确保输送能力的情况下,选取适当的螺距,使螺旋输送机构尺寸较小,整机结构紧凑。

## 3 收割打捞装置设计方案

我国淡水虾蟹养殖范围广,面积大。针对不同的环境特点,作业需求,本文提出以下两种设计方案。

### 3.1 一体式收割打捞装置

将打采滚刀安装于螺旋输送机构铲状入口的内壁上,水草一经切断直接被输送至船舱。该方案不受风向、浪高等环境因素的影响,且不易使割下的水草堆积。

一体式收割打捞装置结构紧凑,由于打采滚刀和打捞部分使用同一动力系统,可非常方便的使用齿轮和皮带轮传动,整机效率高,动力消耗降低。

### 3.2 对称式收割打捞装置

收割装置单独安装在船头,滚刀尺寸可根据具体收割量调节。打捞装置对称安装于船体两

侧,被割断的水草随水流流向船体两侧,分别聚拢在两侧的螺旋输送口处,如图 1 所示。

对称式收割打捞装置的滚刀和打捞装置的动力分别配给,传递路线短,调节性强,可靠稳定,工作效率高。

根据计算结果,初步选定打采滚刀几何尺寸、转速和螺旋输送机构螺旋叶片直径、螺距及转速。打采滚刀动力配置 Z2-31 直流电机,额定转速 750 r/min,额定功率 0.6 kW,采用 Z 型 V 带,小带轮直径 132 mm,大带轮直径 200 mm,中心距 438 mm,2 根 V 带,腹板式带轮,螺旋输送机构螺旋直径 290 mm,螺旋节距 240 mm,采用 10A-1 链传动,中心距 700 mm。针对不同的设计方案,进行实验室仿真实验验证,获得转速和传动比等机构运动学优化配置,滚刀和螺旋杆等动力学受力结果,现场实验采用可调节机构,以根据实际情况对参数做适当调整,实现切割和打捞最佳匹配。

#### 4 结论

打捞装置采用螺旋输送方式,送料均匀平稳。该结构具有边输送边滤水的功能,减轻了螺旋输送部件的工作负载。

螺旋输送省却抽吸泵设备,减少堵塞,降低成本和功耗,同时也减少送入船舱的水量,提高水草承载量。

打采收割装置主要部件滚刀生产成本低,安装方便,连续作业性能稳定、良好。

打采收割装置和打捞装置独立设计生产,可以安装在现有的船上,解决现有船体非工作期的闲置问题,提高了船舶及动力机械的利用率,同时有效降低装置总体成本。

#### 参考文献:

- [1] 朱宝馨. 我国淡水虾蟹养殖的现状与发展动向[J]. 科学养鱼,1999(12):1-2.
- [2] 唐志勇. 河蟹池塘生态环境的营造[J]. 水产养殖,2010(10):42.
- [3] 孙明敏. 河道清草机的研制[J]. 中国农机化,2005(6):91-94.
- [4] 江涛,徐皓,谌志新. 浒苔打捞脱水工艺及关键设备[J]. 渔业现代化,2009,36(1):38-41.
- [5] 王俊勃,屈银虎,贺辛亥. 工程材料及应用[M]. 北京:电子工业出版社,2009:9.
- [6] 曾正明. 机械工程材料手册[M]. 北京:机械工业出版社,2003:1.
- [7] 张俊,雷伟斌. 机械工程材料与热处理[M]. 北京:北京理工大学出版社,2010:7.
- [8] 王永鼎,朱永兴. 滩涂半浮式紫菜收割机方案研究[J]. 渔业现代化,2004(5):29-31.
- [9] 张丽珍,陈金稳,李俊,等. SCSGJ-2.6 型水草收割机的研制[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2008,36(11):229-234.
- [10] 曹国强,梁冰,包明宇. 基于 FLUENT 的叶轮机械三维紊流流场数值模拟[J]. 机械设计与制造,2005(8):22-24.
- [11] 邵国辉,赖喜德,唐立心. 扭曲叶片双吸离心泵内部流场的三维数值模拟[J]. 机电与金属结构,2007,33(6):49-53.
- [12] 谢芳,才笑琦,黄静云,等. 输送技术一本通[M]. 北京:中国物资出版社,2010:3.

## Harvesting process of aquatic for shrimp-crab-pond

WANG Yong-ding, SHEN Wen-lei

(College of Engineering Science & Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** To satisfy the requirement of density of aquatic for shrimp and crab pond aquaculture, the aquatic should be cut periodically. Based on the analysis of traditional manual reaping and river cleaning equipment, a whole new plan for reaping aquatic in shrimp and crab pond and designs of aquatic-cutting-harvesting equipment have been proposed. Furthermore, demands were made on the size and data of exact dimensions and other important parameters of main working parts, which were based on the actual production needs. Hub cutter is analyzed by CFD software FLUENT in order to get the integrative data about in the field of dynamic pressure. The equipment is set to use cutter and worm conveyer with easy geometry, dehydrating in real time, without pumps, with good stability, high efficiency and adapting to any kinds of difficult working environments. Such equipment satisfies the needs of low cost, easy for assembling proposed by the actual demands.

**Key words:** aquatic; harvesting; salvage dewatering