

文章编号: 1674-5566(2015)01-0152-09

对虾船载投饲机的研制

陈晓龙^{1,2}, 陈军^{1,3}, 唐荣^{1,3}, 田昌凤^{1,3}, 车轩^{1,3}, 陈超^{1,3}, 崔龙旭^{1,2}, 李源^{1,2}

(1. 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092; 2. 上海海洋大学工程学院, 上海 201306; 3. 农业部渔业装备与工程重点开放实验室, 上海 200092)

摘要:为了解决对虾养殖中人工投饲强度大、饲料利用率低等问题,进行了自动船载投饲机的研究开发。设计了一种采用蓄电池驱动的电动投饲船,通过牵引绳引导在池塘四周进行投饲。船体采用双体船结构,推进装置为螺旋桨推进器。牵引绳穿过固定在岸边的导向支架,组成环绕池塘四周的导向装置,能够手动调节高度,使投饲船能随水位一起上下变化,从而保证船体能够与牵引绳接触。该装备投饲简单,操作方便,符合投饲机的设计理念。

随着我国对虾养殖业的快速发展,各地养殖规模不断扩大,劳动力需求也不断扩大^[1-2]。其中,投饲是对虾养殖业中必不可少的环节,也是消耗人力最重要的因素。目前鱼类养殖可以采取定点投喂方式,已有专门的投饲机,从而大大降低了劳动强度。但由于对虾的生活习性与鱼类不同,一般均匀分布在池塘,经常在池塘岸边觅食,所以,需要将饲料投放在池塘四周或全池均匀抛撒^[3]。由于缺少专门的投饲设备,目前的虾塘饲料由人工投喂,这种投喂方法耗时费力,且难以做到投饲均匀,饲料利用率较低,同时残余饲料还会导致水质恶化,增加养殖风险^[4-6]。随着劳动力的价格不断上升,投饲环节已成为对虾养殖业发展的一个限制因素。因此,研制一种虾塘投饲机是广大虾塘养殖者的迫切需求^[7-11]。

在虾塘投饲机方面国内已经有相关的研究,一些企业开发了自动投饲设备,如气动式投饲机,但基本都是定点投饲,不能投喂到整个池塘。

研究亮点:目前,鱼类投饲机都是采用定点投喂的方法,由于对虾生活习性的不同,主要在池塘四周觅食。本研究利用机械导向结构,引导投饲船沿池塘四周行走,按照预定轨道投放饲料,达到虾塘投饲的目的,以期养殖虾塘投饲问题提供技术支撑。

关键词:投饲船;牵引绳;导向装置;自动投饲;水产养殖

中图分类号: S 969.31; S 967.4

文献标志码: A

根据对虾的生活习性,需要设计一种投饲船,以一定的速度沿着池塘岸边航行,与堤岸保持固定的距离,同时投放饲料^[12-14]。目前,保持一定距离航行的研究方法众多,如无线电定位系统中的GPS定位测量方法^[15-18],离岸测距方法^[19-20], Zigbee 三点测距定位方法^[21-24]等,但对于常见的对虾精养池塘,这些定位方法成本高,操作复杂^[25-26]。本文针对航行方法做了进一步研究,设计出一套利用牵引绳固定在池塘四周,船体通过牵引绳引导沿池塘四周航行的装置。

文中研制的投饲设备能沿池塘四周自动行走进行自动投饲,以期能降低对虾养殖成本,为实现自动化投饲奠定基础。

1 总体方案及主要技术指标

1.1 原理及结构

根据对虾投喂的要求,投饲船以一定的速度沿着池塘岸边航行,与堤岸保持一定的距离,同

收稿日期: 2014-09-05 修回日期: 2014-10-08

基金项目: 国家虾产业技术体系(CARS-47); 养殖设施与环境控制岗位—公益性行业(农业)科研专项(201203083)

作者简介: 陈晓龙(1989—),男,硕士研究生,研究方向为水产养殖工程。E-mail: chxlaq2011@163.com

通信作者: 陈军, E-mail: chenjun@fmiri.ac.cn

时投放饲料。因此投饲船的轨迹为一条与堤岸等距离的轨迹线,如图 1 所示。

对虾船载投饲机主要由行走平台和导向装置两大部分组成,行走平台又包括行走装置和电气控制系统。如图 2 所示,安装时,在浮船上安装电池箱、投饲机、滑动叉和推进器,通过浮体支架连接组成船载投饲机的行走平台。导向装置为四条沿池塘四周的牵引绳,牵引绳穿过导向支架,通过花篮螺丝相连接,从而拼接为一条沿池塘四周的环形航道,通过调节导向支架的高度使其上下移动。行走平台通过滑动叉与牵引绳相接触,从而引导其航行方向;通过电气控制系统来控制投饲船的航速和投饲机下料;本设计是通过行走平台与导向装置相连接的机械结构,使行程误差更低,能够得到更加理想的航行轨迹。

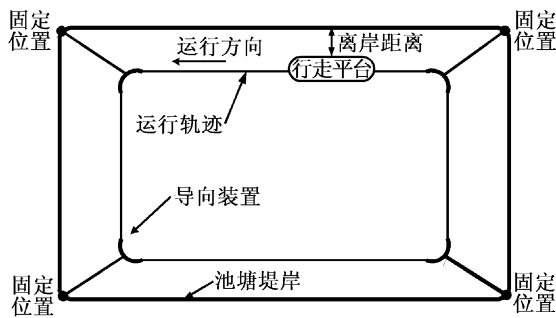


图 1 船载投饲机航行轨迹示意图
Fig.1 Track diagram of feeding machine

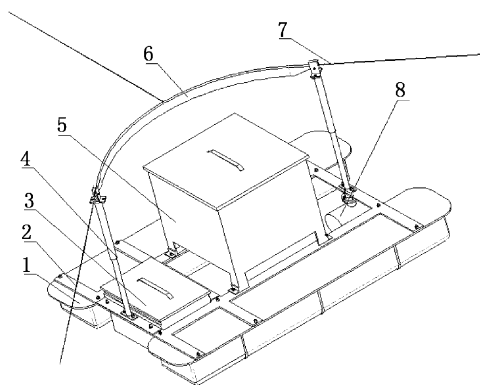


图 2 船载投饲机结构示意图
Fig.2 Structure diagram of the boat feeding machine
1. 浮船; 2. 固定支架; 3. 电池箱; 4. 滑动叉; 5. 投饲机; 6. 导向支架; 7. 牵引绳; 8. 推进器。
1. floating boat; 2. the fixed bracket; 3. the battery box; 4. slide fork; 5. feeding machine; 6. the guide bracket; 7. hauling cable; 8. propeller.

1.2 设计技术要求

根据水产养殖技术规程和日常操作规范,结合实验池塘的地形、地貌、气候等自然条件,确定

设计应满足的主要技术指标如表 1 所示。

表 1 主要技术指标
Tab.1 Main technical parameters of prototype

项目 item	参数 parameter
投料方式 feeding mode	自由下落
料仓储存量/kg silo storage	60
行走速度/(m/min) running speed	38
最大投饲能力/(kg/h) maximum feeding ability	100
最大噪音/dB maximum noise	≤60

2 关键部件设计

2.1 行走平台

2.1.1 行走装置

行走装置主要由船体、投饲机和滑动叉组成。投饲机安装在船体中间部分,防止因饲料量变化时改变重心位置。两个滑动叉分别固定在船体前后两端,能上下运动和四周转动,如图 3 所示。

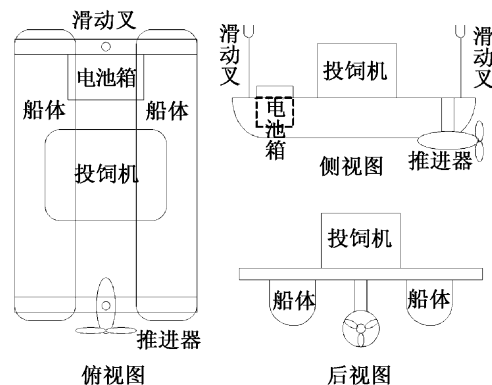


图 3 行走装置结构示意图
Fig.3 Structure diagram of walking device

船体由浮船、固定支架、电池箱(电池)和电动推进器组成。船体采用双体船结构,两条单体浮船通过支架连接,固定支架采用井字型连接,分散中间部分重力,避免支架变形断裂。船体长度 1.8 m,宽度 0.32 m,船体间距 0.36 m。船载蓄电池为所有设备提供电能。选用两个 12V 24AH 铅酸蓄电池作为电源,为电动推动器、投饲机及控制系统供电。为满足电池安放和船体航行要求,电池箱采用 450 mm × 300 mm × 300 mm 的薄铁箱体,两边安装角钢,安装在船体的前端。为了满足航行要求,推进器采用直流电机驱动的

水下电动推进器,一体结构,密封防水,配套专用的电机控制器,从而控制投饲船的航行速度。根据船载物体估计整体重量:

$$\Sigma m_i = m_1(\text{电池}) + m_2(\text{推进器}) + m_3(\text{支架}) + m_4(\text{投饲装置}) + m_5(\text{其他}) \quad (1)$$

式中:电池 m_1 为 16 kg,推进器 m_2 为 15 kg,支架 m_3 为 10 kg,满载下的投饲装置 m_4 为 70 kg,其他 m_5 为 5 kg,从而计算船体总重量为 116 kg。

若选用船体长为 1.8 m,宽度为 0.32 m 的浮船,一般每条浮船浮力为 70 kg,则需要选用浮船数为: $116/70 = 1.7$,所以需要选用 2 条浮船。根据浮性原理,船体于水中的平衡条件是:重力等于浮力,重力与浮力的作用线在同一条水平线上。船在装载情况下总重量为 Σm_i (单位为吨,用 t 表示),此时排开水的重量为

$$\Delta = \rho k \nabla = \rho k L B d C_B \quad (2)$$

式中: ρ 为水的质量密度 (t/m^3),海水为 1.025;淡水为 1.0; ∇ 为该装载情况下的排水体积 (m^3); k 为附体体积系数。因为 ∇ 为排水体积,它不包括外板厚度及附体(如螺旋桨,轴支架等)在内, k 值是考虑这些因素之后的系数,通常为 1.002 ~ 1.010,大船取小值,小船取大值,一般取 1.006。 L 、 B 、 d 、 C_B 分别为船长、型宽、吃水及方形系数。

根据平衡条件可得浮性方程式:

$$\Delta = \Sigma W_i \quad (3)$$

因为 $\Sigma W_i = \Sigma m_i / 1000$,代入公式(1)(2)(3)得吃水深度:

$$d = \frac{\Sigma W_i}{\rho k L B d C_B} = \frac{0.116}{1.0 \times 1.008 \times 1.8 \times 0.64 \times 0.8} = 0.12 \text{ m} \quad (4)$$

因此选用长为 1.8 m,宽为 0.32 m 的 2 条浮船吃水线为 12 cm,浮船高度应大于 12 cm,则选用浮船型号为 1.8 m × 0.32 m × 0.21 m 的两条作为船体的平台结构,中间间距为 0.36 m,而电池箱的两边角钢架在船体上,中间夹住电池箱体,形成 1.8 m × 1.0 m × 0.21 m 的船体。

根据船体选用合适的推进器,根据设计要求最大船速约为 1 m/s,当推力和阻力相等时,功率最大,则

$$\begin{cases} P = FV \\ F = f_{阻} = 1/2 \times C \times \rho \times V^2 \times S \end{cases} \quad (5)$$

式中: ρ 为水体密度, V 为速度, S 为船在水中垂直方向横截面积; C 为阻力系数。

水密度为 $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,横截面积 S 为两条浮船和电池箱的总横截面积 $1.0 \text{ m} \times 0.12 \text{ m} = 0.12 \text{ m}^2$ (忽略其中的间隙),根据浮船形状和大小估计阻力系数 C 取 2.0,代入得出推进器的功率为 120 W,因有外界因素干扰导致功率损失,故选用 200 W 的直流电机驱动的水下电动推进器。

投饲机的下料方式采用下落式,通过推进器播散开,保证抛洒距离,节省动力,符合对虾的生活习性。选用下落式下料器安装在投饲机体的下端。为了满足池塘投饲需求,投饲机体选用 550 mm × 550 mm × 600 mm 的薄铁皮作为饲料容器。中间成陡坡型,便于饲料的下落,通过控制器来控制投饲机的停止与运行。

滑动叉主要是用来将船体和牵引绳接触、保持航行方向的装置,由 U 槽轮、挡板、下支架、上支架和弹簧组成,如图 4 所示。整体结构采用套筒形式,U 槽轮选用 2.5 寸型、槽深为 8 mm、宽为 22 mm 的轨道轮,挡板在槽轮两侧,增加 U 型槽的深度,防止牵引绳逃出。下支架为 18 mm × 2 mm × 400 mm 的圆筒,上支架为 25 mm × 2 mm × 350 mm 中空型圆筒,下支架外套弹簧,上支架套合在下支架上,因弹簧的弹力使其保持一定高度,上支架下端焊接垫片,防止脱落。

据此选用合适的弹簧,使上下支架能上下滑动,从而满足牵引绳在中间部分的下垂距离和转弯时的接触坡度。因弹簧在较小的载荷条件下工作,可以按第 II 类弹簧考虑。现选用 II 组碳素弹簧钢丝。根据下支架和上支架的配合结构可以得出,弹簧需要的中径为 $D_2 \approx 22 \text{ mm}$,外径 $D \leq 25 \text{ mm}$,弹簧压缩变形量为 $\lambda_1 = 150 \text{ mm}$ 时,有滑动叉和钢丝绳的重力,合成压力为 $F_1 = 201 \text{ N}$,压缩变形量为 $\lambda_2 = 0$ 时,滑动叉的重力为 $F_2 = 200 \text{ N}$,根据 $D - D_2 = 3 \text{ mm}$,估算弹簧钢丝直径为 3 mm,由此选取 $\sigma_B = 1618 \text{ MPa}$,则 $[T] = 0.4\sigma_B = 647.2 \text{ MPa}$ 。

现取环绕比 $C = 6$,则得曲度系数 K

$$K = \frac{4C - 1}{4C - 4} + \frac{0.615}{C} = 1.25 \quad (6)$$

$$\text{于是有 } d \geq \sqrt{\frac{8FKC}{\pi[T]}} = \sqrt{\frac{8 \times 201 \times 1.25 \times 6}{\pi \times 647.2}} =$$

$$2.44 \text{ mm} \quad (7)$$

则取弹簧钢丝标准直径 $d = 2.5 \text{ mm}$ 。此时

$D_2 = 22 \text{ mm}$ 为标准值。则 $D = D_2 + d = 24.5 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$ 。

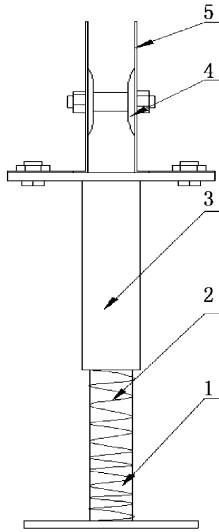


图 4 滑动叉结构示意图

Fig. 4 Structure diagram of sliding fork

1. 下支架; 2. 弹簧; 3. 上支架; 4. U 槽轮; 5. 挡板。
1. lower bracket; 2. spring; 3. upper bracket; 4. the U wheel; 5. baffle.

考虑到支架的长度,因此选用 $22 \text{ mm} \times 2.5 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ 的碳素压缩弹簧作为滑动叉的弹簧。

2.1.2 电气控制系统

投饲船采用电动推进器为动力,铅酸蓄电池为电源,通过无线电遥控器控制推进器的启动、停止、速度档位及投饲机,如图 5 所示。

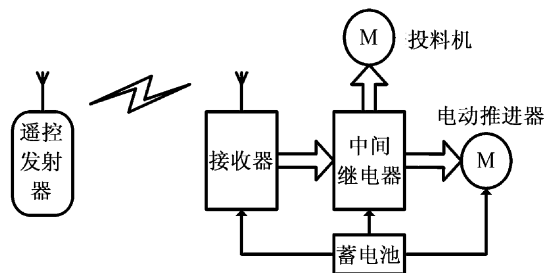


图 5 推进器控制系统结构示意图

Fig. 5 Structure diagram of propulsion control system

电动推进器工作电压为直流 12 V ,最大工作电流 32 A 。推进器外接电缆包含 4 路不同颜色的接线,其中黑色线接电源负极,红、黄、蓝线中任意时刻 1 路线接电源正极,推进器工作在不同的速度档位定义如表 2 所示。

表 2 档位接线说明

Tab. 2 Instructions of the gear connection

线色 line color	定义 definition	说明 explain
红 red	高速档接线	3 路接线中任一路线接电源正极,对应不同的速度档位
黄 yellow	中速档接线	
蓝 blue	低速档接线	
黑 black	负极	接电源负极

无线电遥控器包括发射器和接收器两部分。接收器有 5 路继电器输出 ($S_1 \sim S_5$),与发射器上的 5 个按钮对应,通过发射器上的按钮可以控制接收器上对应继电器的通断。由于接收器自带的继电器触点容量较小,因此采用中间继电器来控制电动推进器。接收器自带的输出继电器 $S_1 \sim S_3$ 分别控制中间继电器 $K_1 \sim K_3$ 的线圈,电动推进器的蓝、黄、红线分别通过中间继电器 $K_1 \sim K_3$ 的常开触点与蓄电池正极连接。接收器自带继电器 S_5 控制中间继电器 K_5 ,通过 K_5 控制投饲机的启动和停止。中间继电器线圈工作电压为直流 12 V ,电路结构如图 6 所示。

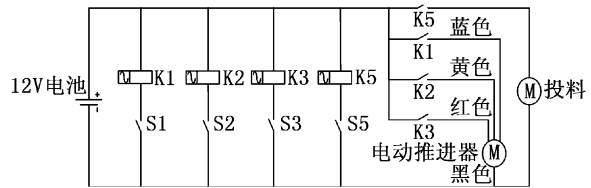


图 6 投饲船电控系统

Fig. 6 Electric control system of feeding boat

接收器自带的继电器 $S_1 \sim S_4$ 是互锁的,即任意时刻只能有 1 路继电器触点闭合,例如按下发射器上的按钮 1 时,接收器的继电器 S_1 触点闭合, S_2, S_3, S_4 触点断开,此时中间继电器 K_1 吸合,推进器在低速档运行;同样,按钮 2、3、4 和 5 分别控制中速档、高速档、停止挡和投饲机的运行。发射器按钮定义如表 3 所示。通过这 5 个按钮从而控制投饲船运行、停止和速度变化以及投饲机的运行和停止。

2.2 导向装置

导向装置主要由牵引绳和导向支架组成,如图 7 所示。根据船体稳定性和实际需要的要求,牵引绳选用 $2 \sim 5 \text{ mm}$ 的不锈钢钢丝绳,牵引绳总长度为池塘周长。为考虑安装方便,选用 4 条钢丝绳穿过支架,中间选用花篮螺丝相连接。导向

支架为 8 mm 圆管弯曲而成,下端焊接薄片。将牵引绳绕过导向支架中的圆管,且导向支架两端

截成 30 度倒角,便于滑动叉的顺利通过。再将四个相同此装置固定在岸边,可手动调节高度。

表 3 发射器按钮定义
Tab.3 Definition of emitter button

发射器按钮序号 launcher button number	接收器继电器通道序号 receiver relay channel number	中间继电器序号 intermediate relay number	控制功能 control function
按钮 1 No. 1 button	S1	K1	低速档
按钮 2 No. 2 button	S2	K2	中速档
按钮 3 No. 3 button	S3	K3	高速档
按钮 4 No. 4 button	S4	—	停止
按钮 5 No. 5 button	S5	K5	投饲机

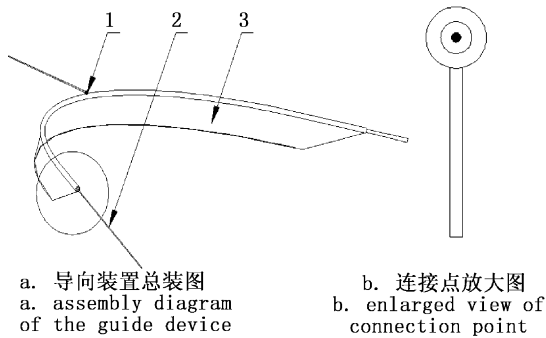


图 7 导向装置结构示意图

Fig. 7 Structure diagram of the guide device

- 1. 螺母; 2. 牵引绳; 3. 导向支架。
- 1. bolt and nut; 2. hauling cable; 3. guide bracket.

牵引绳为行走平台和导向装置的连接工具,必须保证其可靠性,选用 4 条钢丝绳作为牵引绳,引导行走平台按预定轨道行驶。钢丝绳只固定在池塘四角,因此中间部分必然会下垂,形成悬链线。以常见的养殖虾塘长边 100 m 作为目标计算形成的悬链线下垂高度和所需拉力值。则中点下垂高度为:

$$y = a \times \cosh(x/a) - a \tag{8}$$

式中: x 为离中点位置水平距离, a 为常数,即: $a = H/\rho$ (其中 H 为水平方向拉力, ρ 为绳子线重量密度)。

钢丝绳固定在导向支架上,水平拉力一般为 4 000 N,则针对不同直径钢丝绳所下垂的高度不同,我们需要满足一定的范围条件,假设下垂高度 y 范围为 0 ~ 0.2 m。则算出 a 的范围是大于 6 000,根据 H 算出 ρ 的范围是 0 ~ 0.67 N/m,根据钢丝绳的规格标准得出 3.5 mm 以下钢丝绳能满足下垂高度要求,但考虑行走装置的转向力、水平拉力和安全性能(取安全系数为 2.0),则选用直径为 3 mm 的钢丝绳最为合适。则:

$$a = H/\rho = 4000/0.45 = 8889 \tag{9}$$

$$y = a \times \cosh(x/a) - a = 8889 \times \cosh(50/8889) - 8889 = 0.141 \text{ m} \tag{10}$$

式中: 1 × 19 型 M 2.5 钢丝绳的最小破断拉力为:

$$F_0 = \frac{K' \times D^2 \times R_0}{1000} = \frac{1770 \times 3^2 \times 0.504}{1000} = 8.03 \text{ kN} \tag{11}$$

取安全系数为 2.0,那么 $F_0/2 = 4.015 \text{ kN} \geq 4 \text{ kN}$,满足设计要求。故选用 3.0 mm 的钢丝绳作为牵引绳,其中中间部分下垂高度为 0.141 m。

导向支架主要是在池塘四周绕住钢丝绳,行走平台能绕过四分之一的弧形顺利转弯。设转弯半径为 R ,两个滑动叉之间距离约为船体长度的 2/3 值,即 L 为 1 167 mm,行走平台推力为 F ,钢丝绳和不锈钢之间的摩擦系数为 $n = 0.4$,转弯角度为 α 。由此根据受力分析图计算出 R 值的范围,如图 8 所示。

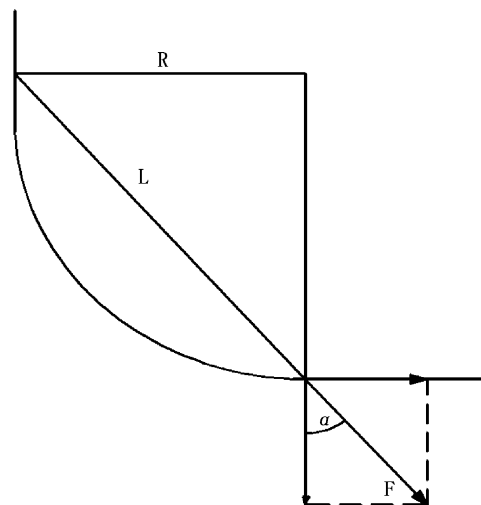


图 8 投饲装置和转弯装置相关尺寸关系
Fig. 8 Correlation of dimension between feeding device and turning device

$$\begin{cases} F\sin\alpha > F\cos\alpha \cdot n \\ \sin\alpha = \frac{R}{L} \end{cases} \quad (12)$$

得出 $R > 437 \text{ mm}$,但由于钢丝绳为软性,在 F 的作用下必然会有所弯曲,摩擦力会大大增加,所以要经过不同半径的试验,在此可选取大于理论半径,即半径为 800 mm 的 $1/4$ 的圆弧。

因此,导向支架选用半径为 800 mm 的 $1/4$ 圆弧的圆管,中间穿过钢丝绳,形成转弯机构,另一端用钢丝绳牵引到池塘岸边固定,钢丝绳之间用花篮螺丝拉紧。从而形成绕过池塘四周的预定轨道,行走平台随轨道运行。

3 样机试验

3.1 测试条件和测试方法

该对虾船载投饲机经过设计、制造和安装调试后,于2014年在水科院渔机所松江新桥实验中心水池进行性能试验,如图9所示。该实验场地水域面积为圆形水池,水深为 1.5 m 。下水后,投饲船重心稳定,滑动叉和钢丝绳接触紧密。实验开始前,先选择不同的转弯半径,测试船体能否顺利通过四角及其稳定性。再选择一个合适半径的导向装置做下一步实验,先通过选取池塘四周中点和四角为测试点,取相等的距离,分别标记为1(弯)、2,3(弯)、4,5(弯)、6,7(弯)、8,再用计时器测量每段时间,算出平均速度,再测量投饲船在行走过程中的偏移量。

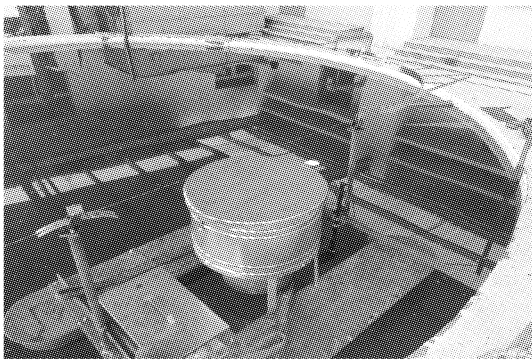


图9 样机试验

Fig.9 Prototype test

3.2 性能实验结果与分析

试验过程中,样机运行平稳,工作安全可靠,能实现自动起停和速度不同档位的变化,能很好地进行投饲。测得主要性能指标如下:行驶速度

为 $11 \sim 39 \text{ m/min}$,船体偏移量控制在 65 mm 以内,料仓储存量为 60 kg ,投饲能力为 2 kg/min 。

选择中速挡空载的情况下,在不同半径的导向支架进行测试,由表4的实验数据可知,半径在 250 mm 和 525 mm 时都不能通过或者反复多次才能通过,波动性很大。主要原因是钢丝绳为软性,第一个滑动叉通过转弯,而第二个还未进入,软性钢丝不能带动继续沿钢丝行走。只有当半径很大时,两个滑动叉在导向支架行走一段距离,才能顺利通过。

表4 不同转弯半径测试试验结果

Tab.4 Test results of different turning radius

转弯半径 turning radius/mm	R = 250	R = 525	R = 800
行驶速度(m/min) running speed	0	5.0	17.1
能否通过 pass or not	不能通过	能通过	能通过
稳定性 stability	不稳定	不稳定	稳定

在半径为 800 mm 时,对投饲船进行实验。通过水池实验结果得出数据,如表5所示,空载和满载情况下虽然存在一定的速度偏差,但能满足投饲和行走要求。其中转弯处速度较慢、波动较大的主要原因是由于导向支架为 90° 圆弧损耗了部分推进力,并且转弯处与牵引绳之间存在高度偏差;直线行走速度有偏差的主要原因是投饲船和钢丝绳与导向支架的滑动摩擦不同,钢丝绳不可能完全水平,推进器功率的变化等。理想状态是单个推进器的投饲船能够完全按照牵引绳的预定轨道行走,没有偏移,速度变化为 0 。转弯处也能很好地行走,没有波动。但考虑到实际情况,两个推进器成本高,控制复杂,容易碰到堤岸,水流过大又容易惊动对虾。故本套设计采用单螺旋桨,牵引绳牵引投饲船按预定轨道行走,存在速度变化、偏移量和波动性是可以接受的。

4 结论

本对虾船载投饲装置结构简单,成本低,制造简便,与现有投饲机相比,最大优点在于它可以离岸保持固定距离移动投喂饲料,航行为机械导向,能够工作稳定,不受外界因素干扰,解决了目前对虾养殖中仍采用人力投饲这一缺点。

表 5 运行状态测试试验结果
Tab. 5 Test results of operation status

项目 project	空载/(m/min) no-load								均值
	1(弯)	2	3(弯)	4	5(弯)	6	7(弯)	8	
低速 low speed	11.9	21.7	13.9	21.9	13.2	25.2	13.2	22.2	17.9
中速 medium speed	16.0	29.5	17.1	28.3	17.1	30.1	18.0	29.6	23.2
高速 high speed	22.4	38.6	23.1	39.4	22.4	38.7	23.4	38.6	30.8
偏移量/mm off set	61	22	60	27	60	23	64	23	42.5
项目 project	满载/(m/min) full-load								均值
	1(弯)	2	3(弯)	4	5(弯)	6	7(弯)	8	
低速 low speed	6.4	18.4	6.4	18.6	7.2	19.6	7.1	18.7	12.8
中速 medium speed	12.3	26.5	12.9	26.4	12.5	26.6	13.1	26.9	20.0
高速 high speed	19.6	36.0	20.1	36.9	20.2	36.7	20.2	36.6	28.2
偏移量/mm off set	58	20	60	19	54	24	59	24	39.8

在养殖池塘中行走平台投饲面积大,下料范围合适,符合对虾的生活习性,且可实现可控、均匀、有规律的大范围运动,其行走轨迹可绕池塘一圈,能全部覆盖池塘四周,达到对虾投饲的良好效果。

因本投饲装置需要移动投饲,池塘中还有其他装备,如增氧机、底质改良机等都会对本装置的运行有所影响。本装置又无法利用交流电,所用的蓄电池质量较大,也会带来不便。这些都是我们进一步研究所要考虑到的问题。

目前,我国移动式投饲装置尚不成熟,应用甚少。总体来看,本文所设计的新型对虾养殖投饲装置从生产实际考虑,具有科学性与实用性,该投饲装置在对虾养殖过程中的应用,能够解决部分劳动力,从而进一步促进对虾养殖业的快速发展。

参考文献:

- [1] 汪万里,陈军. 新型对虾养殖投饲装置研究[J]. 江苏农业科学,2013,41(4):365-366,376.
WANG W L, CHEN J. Development of new shrimp feeding device [J]. Jiangsu Agricultural Sciences,2013,41(4):365-366,376.
- [2] 葛一建. 我国投饲机产品的发展与现状分析[J]. 渔业现代化,2010,38(4):63-65.
GE Y J. Analysis of development and present situation of feeding machine in china [J]. Fishery Modernization,2010,38(4):63-65.
- [3] 周晓林,焦仁育,朱文锦. 渔业自动投饲机类型、原理与应用[J]. 渔业现代化,2003(6):46-51.
ZHOU X L, JIAO R Y, ZHU W J. Fishery automatic feeding machine type, principle and application [J]. Fishery Modernization, 2003(6):46-51.

- [4] 唐荣,邹海生,汤涛林,等. 自动投饲船及其测控系统的设计与开发[J]. 渔业现代化,2013,40(6):30-35.
TANG R, ZOU H S, TANG T L, et al. Design of automatic feeding boat and its control system [J]. Fishery Modernization, 2013,40(6):30-35.
- [5] 何宝快. 对虾养殖投饲装置的研制[J]. 水产科学,1990,9(2):21-24.
HE B K. Study on shrimp culture feeding equipment [J]. Fisheries Science, 1990, 9(2):21-24.
- [6] 何伟. 自动投饲机原理及应用[J]. 河南水产,2004,3(2):23-24.
HE W. Principle and Application of automatic feeding machine [J]. Henan Fisheries,2004,3(2):23-24.
- [7] 袁凯,庄保陆,倪琦,等. 室内工厂化水产养殖自动投饲系统设计与试验[J]. 农业工程学报,2013,29(3):169-176.
YUAN K, ZHUANG B L, NI Q, et al. Design and experiments of automatic feeding system for indoor industrialization aquaculture [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2013,29(3):169-176.
- [8] 徐海权,金哲. 国内外农机自动化现状与发展趋势[J]. 农业机械,2009,3(5):64-65.
XU H Q, JIN Z. With the development trend of domestic and foreign agricultural machinery automation status [J]. Farm Machinery,2009,3(5):64-65.
- [9] 徐皓. 我国渔业机械化之发展与展望[J]. 渔业现代化,2009,20(4):5-8.
XU H. Development and Prospect of fishery mechanization in China [J]. Fishery Modernization, 2009,20(4):5-8.
- [10] 朱永良. 计算机控制自动投饲机[J]. 国际养鱼,1984,10(1):21.
ZHU Y L. Computer control automatic feeding machine [J]. International fish,1984,10(1):21.
- [11] 范大岳,赵煜华,张金鹤. 实用的自动投饲机[J]. 渔业现代化,1981(3):14.
FAN D Y, ZHAO Y H, ZHANG J H. The utility of the automatic feeding machine [J]. Fishery Modernization,

- 1981(3):14.
- [12] 俞海红,陈素珊,何勇. GPS 定位试验及提高定位精度的方法研究[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版, 2004, 30(6):662-667
YU H H, CHEN S S, HE Y. GPS location experiment and method of improving location precision [J]. Journal of Zhejiang University: Agriculture and Life Science, 2004, 30(6):662-667.
- [13] 赵辰,荆昊,谢翔,等. 不同环境下几种 GPS 接受机定位精度研究[J]. 遥测遥控, 2010, 31(6):15-21.
ZHAO C, JING H, XIE X, et al. Study on precision positioning of several GPS accept different environment[J]. Journal of Telemetry, Tracking and Command, 2010, 31(6):15-21.
- [14] 王旭,徐立鸿,熊仁杰,等. 基于 ZigBee 定位的水产养殖环境监测系统的设计[J]. 机电一体化, 2011, 17(12):53-57.
WANG X, XU L H, XIONG R J, et al. Design of aquaculture environment monitoring system based on ZigBee positioning[J]. Mechanical and Electrical Integration, 2011, 17(12):53-57.
- [15] 刘舜. GPS 定位测量实施方法浅谈[J]. 内江科技, 2010, 30(1):61,73.
LIU S. GPS positioning measurement method of implementation [J]. Neijiang Science and Technology, 2010, 30(1):61,73.
- [16] 李建征. 浅谈 GPS 定位精度检测方法[J]. 科技致富向导, 2011, 15(1):251-253.
LI J Z. The detection method of GPS positioning accuracy [J]. Science and Technology to Become Rich the Wizard, 2011, 15(1):251-253.
- [17] 李康吉,刘国海. 一种提高 GPS 定位精度的组合定位方法[J]. 东南大学学报:自然科学版, 2004, 34(11):88-91.
LI K J, LIU G H. Combined positioning method for improving the GPS positioning accuracy [J]. Journal of Southeast University: Natural Science Edition, 2004, 34(11):88-91.
- [18] 于洪林,郭爱煌,罗巍. 一种基于 GPS 定位数据的测距方法[J]. 电子测量技术, 2011, 34(7):95-98.
YU H L, GUO A H, LUO W. Method of ranging based on GPS positioning data [J]. Electronic measurement technology, 2011, 34(7):95-98.
- [19] 宋彩霞,王波涛. 车辆测距方法[J]. 电子测量与仪器学报, 2009, 27(4):176-180.
SONG C X, WANG B T. Distance measurements for vehicle [J]. Journal of Electronic Measurement and Instrument, 2009, 27(4):176-180.
- [20] 苏煜伟. 激光三角法精密测距系统研究[D]. 西安:西安工业大学, 2013:1-68.
SU Y W. Laser Triangulation precision ranging system research [D]. Xi'an: Xi'an Technological University, 2013:1-68.
- [21] 滕国栋. 无线传感器网络节点定位算法的研究[D]. 杭州:浙江大学, 2010:1-101.
TENG G D. Study of localization algorithm in wireless sensor networks [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2010:1-101.
- [22] 张慧丽. 基于测距的无线传感网络定位方法[J]. 包头职业技术学院学报, 2013, 14(4):26-28.
ZHANG H L. Orientation method of wireless sensor networks based on distance measurement [J]. Journal of BaoTou vocational technical college, 2013, 14(4):26-28.
- [23] 邱岩,赵冲冲,戴桂兰,等. 无线传感器网络节点定位技术研究[J]. 计算机科学, 2008, 35(5):47-50.
QIU Y, ZHAO C C, DAI G L, et al. Research on localization technology for wireless sensor networks [J]. Computer science, 2008, 35(5):47-50.
- [24] 刘丰. 基于 ZigBee 技术的无线数据采集系统研究与设计[D]. 秦皇岛:燕山大学, 2013:1-67.
LIU F. Design of a wireless data acquisition system based on ZigBee technology [D]. Qinhuangdao: Yanshan University, 2013:1-67.
- [25] 孙佩刚,赵海,罗玎玎,等. 智能空间中 RSSI 定位问题研究[J]. 电子学报, 2007, 35(7):1240-1245.
SUN P G, ZHAO H, LUO D D, et al. Research on RSSI based location in smart space [J]. Acta electronic sinica, 2007, 35(7):1240-1245.
- [26] WANG W D, ZHU Q X. RSS-based Monte Carlo localization for mobile sensor networks [J]. IET Communications, 2008, 2(5):673-681.

Development of boat-borne feeding machine for shrimps

CHEN Xiaolong^{1,2}, CHEN Jun^{1,3}, TANG Rong^{1,3}, TIAN Changfeng^{1,3}, CHE Xuan^{1,3}, CHEN Chao^{1,3}, CUI Longxu^{1,2}, LI Yuan^{1,2}

(1. *Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China*; 2. *College of Engineering, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China*; 3. *Key Laboratory of Fishery Equipment and Engineering, Shanghai 200092, China*)

Abstract: In order to solve the problem of high labor intensity of manual feeding in shrimp aquaculture, a kind of automatic ship-borne feeding machine was developed in this study. It was designed that the ship-borne feeding machine was driven by batteries which feed shrimps around the pond led by a guiding device. The hull adopts a structure of catamaran, with a propeller as the propelling plant. The guiding device around the pond is composed of a hauling cable passing through guiding bracket fixed on the shore. The height can be adjusted by manual operation, thus the feeding vessel can be up and down with the water level, so as to guarantee the hull can be in touch with the hauling cable. This equipment can feed easily with simple operation, in accordance with the design concept of a feeding machine.

Key words: feeding boat; hauling cable; guide device; automatic feeding; aquaculture