

文章编号: 1674-5566(2015)05-0789-06

池塘起鱼单轨输送机设计

田昌凤^{1,2}, 刘兴国^{1,2}, 车 轩^{1,2}, 杨家朋¹, 顾兆俊¹

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

摘 要: 为解决池塘活鱼收获过程中人工起鱼强度大、工作效率低的问题, 设计了一种池塘起鱼单轨输送机。该单轨输送机由蜗轮蜗杆和皮带实现驱动; 单轨依池塘地形架设, 适应了高落差的运输需求; 机架上设计有卡槽, 防止运行时单轨输送机侧翻和脱离固定轨道。以人工操控单轨输送机为研究对象, 控制系统采用无线遥控技术实现单轨输送车遥控输送。试验表明, 该单轨输送车上坡可载重量 120 kg, 爬坡角度在 30°~40°, 上坡行走速度为 0.4~0.8 m/s, 3 名工作人员 40 min 可将 4 800 kg 的鱼从池塘运输到活鱼车上, 与传统 8 人作业 1 h 相比, 劳动力减少了一半, 工作时间缩短了 33%, 工作安全可靠, 适合池塘起鱼作业。

研究亮点: 随着渔业经济的发展, 池塘生产作业对劳动力的需求越来越大。本研究旨在为池塘起捕作业提供一种降低劳动强度、工作效率高的机械起捕设备。试验结果表明, 通过池塘起鱼单轨输送机作业, 能一定程度上缓解池塘养殖业劳动力短缺的现状。

关键词: 单轨输送机; 池塘; 起鱼; 驱动装置; 行走装置

中图分类号: S 969.31; S 967.4

文献标志码: A

池塘养殖是中国水产养殖的主要形式, 是水产品供应的主要来源^[1]。据《2014 年中国渔业年鉴》资料, 2013 年全国池塘养殖产量达到 4 541.6 万吨, 渔业经济保持了良好的发展趋势, 但是其对劳动力资源的需求是巨大的^[2]。鱼类起捕是渔业生产中最繁重的操作之一, 是一项高强度的劳动作业, 需要大量的劳动力完成分拣、提升输送、称重和卸鱼等。如何利用机械化作业, 降低劳动强度, 提高工作效率, 解决安全事故问题, 成为现有技术中急需解决的重要问题^[3]。

韩世成、曹广斌^[4-9]等相继进行了网箱活鱼起捕机的研究, 江涛^[10]等针对标准化的池塘养殖系统研发了池塘捕捞系统, 系统包括拖拉机头、提升绞机、折叠轨道、输送车等, 系统采用液压传动。试验池塘采用标准化池塘, 规格为 100 m × 50 m, 水深 1.7 m, 拖网得鱼率达到 64.5%, 可有效降低劳动强度。然而未介绍提鱼系统的工作原理和运行效果, 另外该系统设备多、价格贵、占

用场地大, 这些原因都制约了系统的应用与推广。吸鱼泵由于机体笨重、能耗偏高、不能移动、且需要一定面积的工作平台配套使用等问题无法在池塘起捕作业中推广应用^[11-13]。孙正平^[14]发明的一种灵活自动上鱼装置可高效地完成输送作业, 但是需要使用拖拉机调节上鱼车支架的高度, 大大增加了装置的成本, 工作需要 6 人才能完成, 工作效率不高。

本文在前期研究的基础上, 研发了池塘起鱼单轨输送机, 分析了其机械性能和运行效果。旨在为池塘起捕作业提供一种低廉、高效的输送设备。

1 总体结构与主要技术参数

1.1 样机结构与工作原理

池塘起鱼单轨输送机主要由电机、驱动装置、行走装置、机架、钢丝绳、装载框和导轮等构成, 如图 1 所示。驱动装置通过螺栓固定在机架

收稿日期: 2015-04-10 修回日期: 2015-05-27

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-46)

作者简介: 田昌凤(1985—), 女, 硕士研究生, 研究方向为渔业机械。E-mail: tianchangfeng@fmiri.ac.cn

通信作者: 刘兴国, E-mail: liuxingguo@fmiri.ac.cn

上端,钢丝绳一端固定在驱动装置的卷绳器上,绕过导轮后,另一端固定在行走装置的支架上。行走装置的导轮安装在机架的槽钢轨道内,可沿着机架上的轨道来回往复运动,机架两端设计有固定挡块,为行走装置限制行走范围。

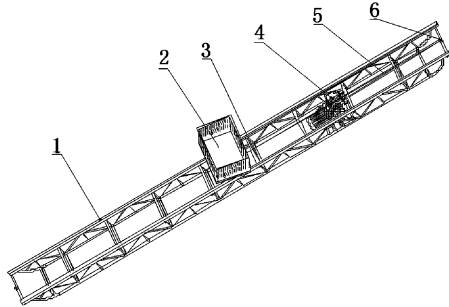


图1 池塘起鱼单轨输送机结构示意图
Fig.1 Sketch diagram of monorail transporter for pond fish

1. 机架; 2. 装载框; 3. 行走机构; 4. 驱动装置; 5. 钢丝绳; 6. 导轮。
1. body frame; 2. container; 3. travelling mechanism; 4. actuating mechanism; 5. steel cable; 6. guide roller.

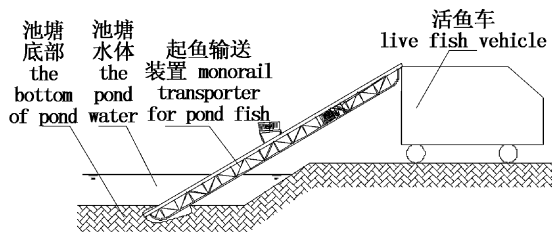


图2 池塘起鱼单轨输送机运行图
Fig.2 Working diagram of monorail transporter for pond fish

池塘起鱼单轨输送机安装时,一端固定在池塘池底的底泥中,另一端卡在活鱼车货斗的边缘上。池塘起鱼单轨输送机工作时,行走机构到达机架的底部(接近池塘水面位置),2名捕捞工人将拉网捕捞的活鱼装满鱼筐后放在行走机构上,岸上的工作人员开启电机正转按钮电机正转,电机转动通过皮带带动蜗轮蜗杆箱工作,卷绳器顺时针转动,再通过卷绳器上的钢丝绳带动载鱼运输车沿着机架上的轨道上行,当载鱼运动到机架上端接近活鱼车时,按下电机开关按钮,关闭电机;此时活鱼车上的1名工人将鱼筐过磅称重后倒入活鱼车的鱼箱内,然后将鱼筐放回载鱼输送车上,这时岸上的1名工作人员再次开启电机反转按钮,电机反转,行走机构沿着机架上的轨道下行,当载鱼运动到导轨桁架下端接近池塘水面

时,按下电机开关按钮,关闭电机。如此反复,该装置可以连续作业,仅需3名工作人员便可以完成起鱼作业,比传统的8人的劳动力大大提高了工作效率^[14]。

1.2 主要技术参数

根据水产养殖运输的实际需要以及池塘地形条件等,确定了池塘起鱼单轨输送机的主要技术参数如表1所示。

表1 池塘起鱼单轨输送机主要技术指标
Tab.1 Major technical parameters of monorail transporter for pond fish

| 项目 item | 数值 value |
|--|----------------|
| 主机外形尺寸(长×宽×高)/mm×mm ×mm Overall dimensions (long×wide×high) | 15 000×600×500 |
| 配套动力/kW matched power | 1.5 |
| 运行速度/(m/s) travelling speed | 0.4~0.8 m/s |
| 承载重量/kg load capacity | 120(上坡) |
| 最大爬行角度/° max crawling angle | 40 |
| 整机重量/kg overall weight | ≤500 kg |

2 关键部件设计

2.1 驱动装置

池塘起鱼单轨输送机要将活鱼从池塘输送到活鱼车中,必须满足以上3个要求,一是有足够的承载能力,可将一定重量的活鱼输送到活鱼车中;二是运行过程中,突然断电或者紧急停止运行,驱动机构需要有一定的自锁功能(载物框必须停在原地,不能因为断电或紧急停止而突然下行,产生安全隐患);三是在保证提高生产效率和确保安全的情况下,池塘起鱼单轨输送机需有一定的运行速度和爬行角度。

机械传动有多种形式,主要分为两类:一是靠零件间的摩擦力传递动力,主要包括带传动、绳传动和摩擦轮传动等。摩擦传动容易实现无极变速,适用于中心距较大的传动场合,过载打滑能起到缓冲和保护传动装置的作用,但是不能应用于大功率的场合;二是靠齿轮啮合传动,主要包括齿轮传动、链传动、蜗轮蜗杆传动等,传动比准确,要求较高的制作精度和安装精度。

根据池塘起鱼单轨输送机的设计要求,驱动机构采用带传动和蜗轮蜗杆传动相结合的传动方式,利用带传动结构简单、传动平稳、噪声小、能缓冲吸振、过载时传动带会在带轮上打滑,对

其他零件起过载保护的优点;利用蜗轮蜗杆单级传动比大、工作平稳无噪声和易于自锁的优点。驱动装置的结构如图 3 所示。

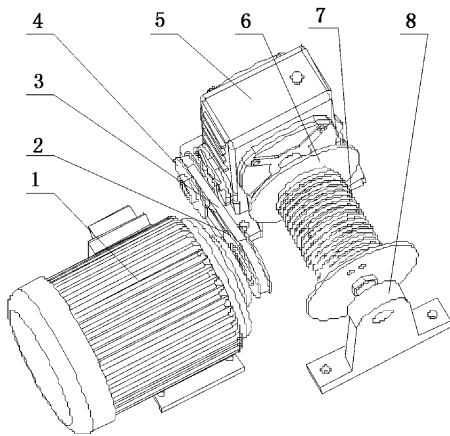


图 3 驱动装置结构示意图

Fig. 3 sketch diagram of drive mechanism

1. 电机; 2. 主动轮; 3. 皮带; 4. 从动轮; 5. 蜗轮蜗杆减速箱;
6. 卷绳器; 7. 钢丝绳; 8. 轴承座。
1. Motor; 2. drive wheel; 3. V-belt; 4. driven wheel; 5. worm gear;
6. rope winder; 7. steel cable; 8. bearing block.

驱动装置包括电机、主动带轮、皮带、从动带轮、蜗轮蜗杆减速箱、卷绳器、轴承座等。电机的输出端与主动带轮连接,主动带轮通过皮带带动从动带轮转动,从动带轮与蜗轮蜗杆减速箱的输入端连接,蜗轮蜗杆减速箱的输出端与卷绳器连接,卷绳器通过轴承座固定在导轨桁架 1 上。

根据输送机载重要求,对装载框进行分析计算,其受力主要有重量 G ,牵引力 F ,支持力 N ,摩擦力 f ,受力分析如图 4 所示。

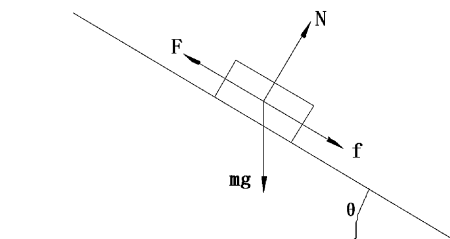


图 4 装载框的受力分析图

Fig. 4 Force analysis of container

装载框的运动轨迹为匀速直线运动,根据受力分析有

$$F - f - mg\cos(90^\circ - \theta) = 0 \quad (1)$$

$$f = \mu mg \quad (2)$$

$$P_1 = F \cdot V \quad (3)$$

式中: P_1 为实际功率 (W); V 为运行速度 (m/s),按照 0.5 m/s 进行设计计算; μ 为摩擦系数,钢与

铁的摩擦系数为 0.17; θ 为爬行角度 ($30^\circ \leq \theta \leq 40^\circ$); m 为承载重量,为 120 kg。将上述参数代入公式(1)、(2)、(3)可得 P_1 为 478 W。

电机的额定功率

$$P = \frac{P_1}{\eta_1 \eta_2} \quad (4)$$

式中: η_1 为蜗轮蜗杆的传动效率,为 0.4; η_2 为传动传动效率,为 0.98。故计算得电机的额定功率 P 为 1 219 W,根据市售电机规格,选择 1.5 kW,转速 2 800 r/min 的交流电机。

池塘起鱼单轨输送机的运行速度要求为 0.5 m/s,卷绳器直径为 120 mm,故蜗轮蜗杆减速器输出转速 n 为 79.6 r/min,为达到这一转速,蜗轮蜗杆的减速比需为 40:1。

皮带传递的功率为 1.5 kW,选择 A 型三角胶带,小皮带轮直径 D_1 为 120 mm,传动比 $i = n_1/n_2 = 2800/(79.6 \times 40) = 0.88$,故大皮带轮直径 D_2 约为 105 mm。根据三角带传动的设计计算,皮带轮的中心距为 120 mm。

2.2 行走装置

行走装置主要功能是在载重 120 kg 的情况下,沿着机架上的导轨来回往复行走。它与驱动装置之间通过钢丝绳连接,当驱动装置上的电机转动时,通过钢丝绳将牵引力传递给行走装置,从而带动行走装置上行。行走装置包括轴承、下支架、上支架、钢丝绳等,如图 5 所示。下支架和上支架上设计了腰型孔,可根据实际需要上下调节高度。当池塘起鱼单轨输送机爬行角度 θ 达到最大角度 40° 时,行走装置的防止装载框的平面与水平的夹角 α 不能大于 5° ,否则会发生倾倒的安全隐患。

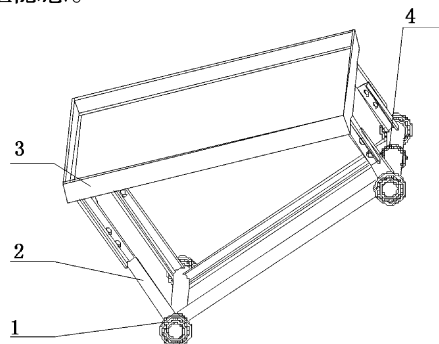


图 5 行走装置的结构图

Fig. 5 Skech diagram of travlling mechanism

1. 轴承; 2. 下支架; 3. 上支架; 4. 钢丝绳。

1. bearing; 2. lower bracket; 3. upper bracket; 4. steel cable.

2.3 电气控制系统

单轨输送机采用电机驱动,380 V 交流电,通过无线遥控器控制电机的正反转,控制原理图如图 7 所示。

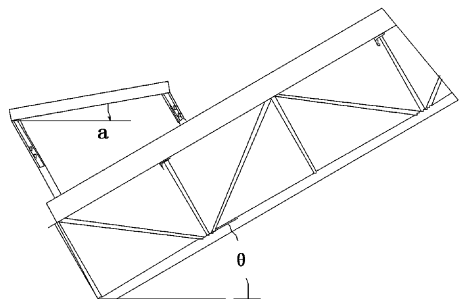


图 6 角度示意图

Fig. 6 Angle diagram

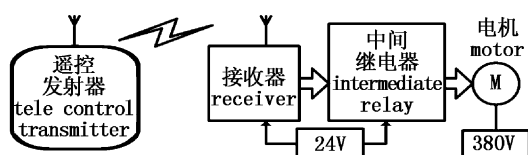


图 7 系统控制原理图

Fig. 7 Schematic diagram of control system

驱动电机工作电压为 380 V,控制系统工作电压为 24 V。无线电遥控器包括发射器和接收器两部分。接收器有 3 路继电器输出(S1 ~ S3),与发射器上的 3 个按钮对应,分别控制电机的正转、反转和停止,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驱动电机。接收器自带的继电器输出 S1 ~ S3 是互锁的,即任意时刻只能有 1 路继电器触点闭合。

3 样机试验

该池塘起鱼单轨输送机经过设计、制造和安装调试,于 2014 年在渔业机械仪器研究所池塘生态工程中试基地进行性能测试,如图 7 所示。该实验采用货运车和活动转轮调节单轨输送机的爬行角度在 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 范围内。单轨输送机的载重均为 120 kg,运输机性能测试结果如表 2 所示。

试验中,单轨输送机运行平稳,噪音小,工作安全可靠,能遥控作业,控制单轨运输机在不同位置的启动、停止,且在上坡和下坡运行中的不

同位置能安全实现自锁。测得主要性能指标为:在载重量为 120 kg,爬行角度为 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 之间时,运行速度在 0.55 ~ 0.70 m/s 之间波动。单轨输送机在完成输送量为 4 800 kg 的鱼,所需人工 3 人,所需工作时间在 40 min 以内,而完全靠人工输送的话需要 8 人,1 h 左右的时间。



图 8 样机试验

Fig. 8 Prototype test

表 2 单轨输送机性能测试结果

Tab. 2 Measurement data of monorail transporter

| 项目 item | $\alpha = 30^{\circ}$ | $\alpha = 35^{\circ}$ | $\alpha = 40^{\circ}$ |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 平均运行速度/(m/s) average speed | 0.7 | 0.65 | 0.55 |
| 遥控距离/m control distance | 100 | 100 | 100 |
| 输送机输送所需时间/min time needed for transporter(需 4 人) | 30 | 34 | 38 |
| 人工输送所需时间/min time needed for manual work(需 8 人) | 60 | 65 | 70 |

4 结论

(1)起鱼单轨输送机结构简单、成本低,可有效解决池塘活鱼收获过程中人工起鱼强度大、工作效率低的问题。单轨输送机可爬坡、倒退、任意点启停和自锁,单轨输送机依据池塘地形设

计,满足跨度和坡度大的池塘运输要求。

(2)起鱼单轨输送机爬坡可载重 120 kg,爬行角度为 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 之间时,运行速度在 0.55 ~ 0.70 m/s 之间波动。遥控距离可达 100 m,工作时运行可靠,适合池塘作业。单轨输送机的工作效率较人工提高一倍。

目前,我国池塘养殖起捕机械相对落后,应用不广泛。本文设计的新型池塘养殖输送机从生产实际考虑,具有很强的实用性,能够有效解决劳动力短缺的问题,从而进一步促进池塘养殖业的发展。

参考文献:

- [1] 刘兴国,徐皓,张拥军,等. 池塘移动式太阳能水质调控机研制与试验[J]. 农业工程学报, 2014, 30(19): 1-10.
LIU X G, XU H, ZHANG Y J, et al. Development and experiment of movable pond aquaculture water quality regulation machine based on solar energy[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(19): 1-10.
- [2] 陈育苏,孙晓静,李宗岭. 渔业养殖机械化技术集成试验研究[J]. 农业致富之友, 2013(2): 87.
CHEN Y S, SUN X J, LI Z L. Study on the integration of fishery farming mechanization technology [J]. Friends of Agricultural Enrichment, 2013(2): 87.
- [3] 丁永良,巫道镛. 国外养鱼池塘的起捕机械[J]. 电工技术, 1983(11): 42-45.
DING Y L, WU D Y. Fishing machinery for foreign fish ponds[J]. Electric Engineering, 1983(11): 42-45.
- [4] 韩世成,曹广斌,蒋树义,等. 静压活鱼提升设备实用性能参数测试[J]. 水产学杂志, 2000, 13(1): 60-63.
HAN S C, CAO G B, JIANG S Y, et al. Measurement study on function parameters of live fishes static pressure elevator [J]. Chinese Journal of Fisheries, 2000, 13(1): 60-63.
- [5] 蒋树义,曹广斌,韩世成,等. 活鱼提升机电器控制电路的设计[J]. 水产学杂志, 2000, 13(1): 64-67.
JIANG S Y, CAO G B, HAN S C, et al. Electrical design on automatic control of live fishes static pressure elevator[J]. Chinese Journal of Fisheries, 2000, 13(1): 64-67.
- [6] 曹广斌,蒋树义,韩世成,等. 真空双筒活鱼提升机的设计与试验[J]. 大连水产学院学报, 2004, 19(3): 194-198.
CAO G B, JIANG S Y, HAN S C, et al. Design and experiment of double-tank vacuum fish pump[J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2004, 19(3): 194-198.
- [7] 黄滨,关长涛,林德芳,等. 网箱真空活鱼起捕机的研究[J]. 海洋水产研究, 2004, 25(3): 54-60.
HUANG B, GUAN C T, LIN D F, et al. Study on vacuum harvesting machine for cage farmed fish[J]. Marine Fisheries Research, 2004, 25(3): 54-60.
- [8] 关长涛,黄滨,林德芳,等. 深水网箱养殖鱼类的分级与起捕技术[J]. 现代渔业信息, 2005, 20(7): 3-6, 13.
GUAN C T, HUANG B, LIN D F, et al. Technology of size grading and harvesting of farmed fish in deep sea net cages [J]. Modern Fisheries Information, 2005, 20(7): 3-6, 13.
- [9] 郭建平,吴常文. 大型深水网箱连续式真空吸鱼泵的设计研究[J]. 中国水产, 2004(3): 73-75.
GUO J P, WU C W. Design of a large continuous vacuum fish pump for the deep sea net cage [J]. China Fisheries, 2004(3): 73-75.
- [10] 江涛,徐皓,谭文先,等. 养鱼池塘机械拖网捕鱼系统的设计与试验[J]. 农业工程学报, 2011, 27(10): 68-72.
JIANG T, XU H, TAN W X, et al. Design and experiment of mechanized harvest system for fishpond [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(10): 68-72.
- [11] 袁军亭,汤威,孙满昌. 气力提升泵性能影响因子的初步试验[J]. 上海水产大学学报, 2006, 15(1): 71-77.
YUAN J T, TANG W, SUN M C. Preliminary experiment on several factors affecting the performance of air lift pump [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2006, 15(1): 71-77.
- [12] 袁军亭,汤威,刘忠斌,等. 排水辅助减压型真空式鱼泵研究[J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(1): 54-59.
YUAN J T, TANG W, LIU Z B, et al. The study on the water-discharging pressure reducer vacuum fish pump [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2007, 16(1): 54-59.
- [13] 黄小华,郭根喜,陶启友. 射流式吸鱼泵关键技术研究及设计[J]. 南方水产, 2007, 3(3): 41-46.
HUANG X H, GUO G X, TAO Q Y. Research on key technology and design for jet fish pump [J]. South China Fisheries Science, 2007, 3(3): 41-46.
- [14] 孙正平. 一种灵活自动上鱼装置: 中国专利, 2010 10220252.7 [P]. 2010-12-15.
SUN Z P. A flexible and automatic transporting device for pond fish; Chines Patent, 201010220252.7 [P]. 2010-12-15.

Design of monorail transporter for pond fish

TIAN Changfeng^{1,2}, LIU Xingguo^{1,2}, CHE Xuan^{1,2}, YANG Jiapeng¹, GU Zhaojun¹

(1. *Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China;*

2. *Key Laboratory of Fishery Equipment and Engineering, Shanghai 200092, China*)

Abstract: In order to solve the problem of the labour-intensive and inefficiency during the harvesting process in pond farming, a monorail transporter used for pond fish is designed. This monorail transporter is driven by worm gear and belt. The monorail is set up in accordance with the terrain of the pond, to meet the transportation demand of high-drop condition. The chassis designs with the slot can prevent the monorail transporter from rolling over and deorbiting during the runtime. The monorail transporter controlled by manual is taken as research object, and the wireless remote control technology is used. According to the actual test results, with the capacity of 120 kg towards to uphill, uphill angle between 30° to 40°, speed at 0.4 – 0.8 m/s, and only 3 operators, transferring the fish of weight 4 800 kg from the pond to the vehicle was completed within 40 min. The system operation is reliable and suitable for raising the fish from the pond.

Key words: monorail transporter; pond; fish conveyor; drive mechanism; travelling mechanism