

文章编号: 1674-5566(2023)05-0997-09

DOI: 10.12024/jsou.20230504186

面向黄鳝养殖的自主移动投喂机器人研制

刘治鑫¹, 赖磊捷¹, 袁泉², 周文宗², 徐震¹

(1. 上海工程技术大学 机械与汽车工程学院, 上海 201620; 2. 上海市农业科学院, 上海 201403)

摘要: 研制一种面向黄鳝养殖的自主移动投喂机器人系统, 主要包括 AGV 搬运小车、XYZ 数控电动同步带滑台直线导轨模组、投喂蠕动泵、运动控制器等组成部分。AGV 搬运小车通过传感装置实时检测导向磁条确定工作路径。运动控制器对 XYZ 三维数控电动同步带滑台直线导轨模组的步进电机输出脉冲信号, 实现机器人投喂位置的空间定位。通过控制蠕动泵驱动电机的转速, 实现饵料的精准投喂和投喂过程的稳定性。针对三层立体结构黄鳝养殖池样进行 9 次样机性能测试, 每次目标投喂量为 9.5 g。结果显示, 机器人空间定位精度的平均误差为 (2.1, 1.8, 2.1) mm, 标准偏差为 (2.6, 2.3, 2.5) mm。机器人的平均投喂速度为 1.85 g/s, 平均投喂量为 9.3 g, 投喂量的误差小于 5%。为评估系统的稳定性和可靠性, 机器人以 0.5 km/h 的移动速度连续运行 50 h, 未发生技术故障和系统中断。综上所述, 该自主移动投喂机器人运行稳定可靠、投喂精度高, 投喂效果良好, 具有较强的实用和推广价值。

关键词: 黄鳝养殖; 自主移动投喂机器人; AGV 搬运小车; XYZ 同步带导轨模组; 蠕动泵

中图分类号: S 969.31; TP 242 **文献标志码:** A

目前, 我国水产养殖业规模化趋势越来越明显, 但水产养殖过程中饵料投喂主要还是以人工操作为主, 自动化水平低, 而且饵料量难以精确控制。当前的养殖投喂模式已经无法满足行业发展的需要, 自动化投喂技术的研究和开发变得尤为重要, 通过引入智能机器人等先进技术, 引导传统投喂模式向智能化、精准化转变, 实现养殖过程的自动化、高效化, 是提升养殖效率和质量, 推动养殖业可持续发展的关键^[1]。

本文研制一种面向黄鳝养殖的自主移动投喂机器人, 利用 AGV 搬运小车带动 XYZ 数控电动同步带滑台直线导轨模组和投喂蠕动泵实现机器人在鱼塘内部自主移动、投喂位置空间定位、精准把控投喂量、饵料稳定输出的功能。将研制的机器人样机应用于黄鳝工厂化养殖的饵料投喂。样机测试结果验证了该机器人不仅可以满足高度高达 1.8 m 的多层堆叠鱼箱中的鱼类投喂, 而且具有投喂精度高、投喂效果良好、运行稳定可靠、适用范围广等优点, 实现了养殖投喂

效率的提升, 同时也促进了水产养殖行业的智能化发展^[2]。

1 总体工作方案设计

如图 1 所示, 该自主移动投喂机器人整体结构主要由 AGV 搬运小车、基于同步带直线滑台的 XYZ 直角坐标机器人、安装在机器人上的饵料投喂蠕动泵以及运动控制器等组成。其整体工作流程为: 运动控制器 I/O 端口输出通信命令控制小车运行, 小车通过磁导航线传感器感知运行轨迹, 遇到障碍物时, 小车前后的障碍物传感器会做出相应反馈。AGV 小车到达目标点位后, 运动控制器输出脉冲至 XYZ 直角坐标机器人的步进电机实现三轴联动, 将蠕动泵输出端口移动至投喂空间点位。最后, 通过控制蠕动泵驱动电机的转速和软管流量, 完成饵料的自动投喂。

2 机械结构设计

自主移动投喂机器人中 AGV 搬运小车上方

收稿日期: 2023-05-18 修回日期: 2023-08-08

基金项目: 国家自然科学基金(11604203)

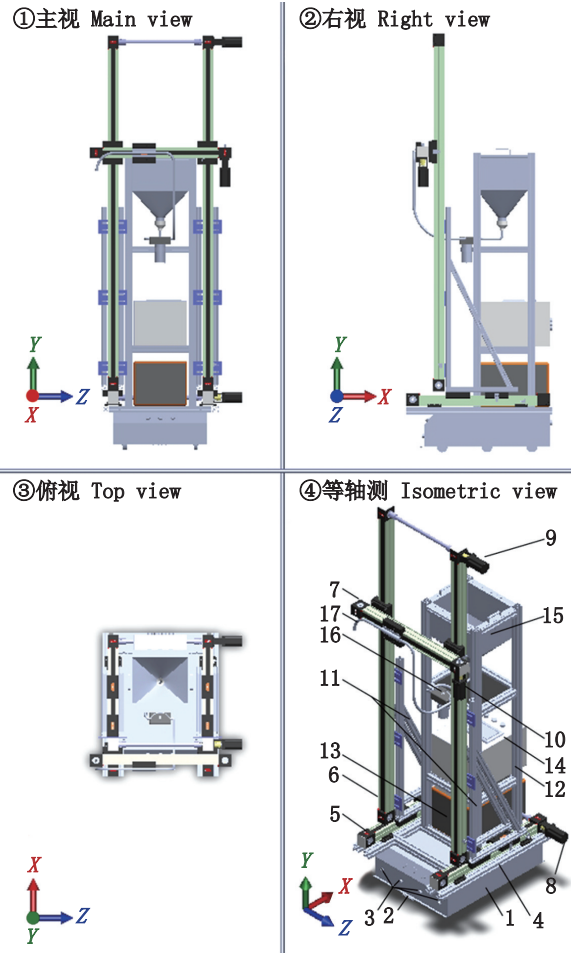
作者简介: 刘治鑫(1996—), 男, 硕士研究生, 研究方向为图像处理、机器视觉及其应用。E-mail: 1749091404@qq.com

通信作者: 徐震, E-mail: lexuzhen@163.com

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>



1. AGV 小车; 2. 导航线传感器; 3. 障碍物传感器; 4. 定位框架; 5. 6. 7. Y、Z、X 轴同步带滑台直线导轨模组; 8. 9. 10. 第一、二、三电机; 11. 三角架; 12. 三层立体结构; 13. 电源; 14. 运动控制器; 15. 料斗; 16. 蠕动泵; 17. 饵料输送管道。
 1. AGV trolley; 2. Navigation line sensor; 3. Obstacle sensor; 4. Positioning frame; 5. 6. 7. Y, Z, X axis synchronous belt slide linear guide module; 8. 9. 10. First, second, third motors; 11. Triangular frame; 12. Three-level three-dimensional structure; 13. Power supply; 14. Motion controller; 15. Hopper; 16. Peristaltic pump; 17. Bait transfer pipes.

图 1 自主移动投喂机器人结构示意图
 Fig. 1 Schematic structure of autonomous mobile feeding robot

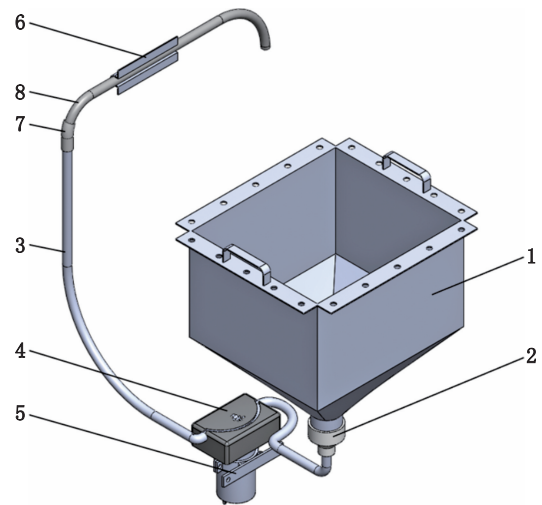
的机械结构主要包括:数控电动同步带滑台直线导轨模组平台、饵料料斗以及投喂蠕动泵等。其中,如图 1 所示,数控电动同步带滑台直线导轨模组平台由 X、Y、Z 3 个轴组成,轴之间相互协同,完成黄鳝饵料投喂位置的空间定位。轴传动采用高精度同步带集成步进电机驱动的直线模组,其中,Z 轴步进电机配合步进一级行星齿轮减速器(1:5)具有极高的运动分辨率和定位精度,其电机参数如表 1 所示^[3]。同步带直线模组是一种直线运动平台模块化的运动单元,把

导轨系统和传动系统进行精密地组装,集成到一个单元中,这种系统集成让设备组装变得简单化、模块化,不仅可以提高系统的传动精度和响应速度,而且可以满足投喂机器人的空间定位需求。

表 1 同步带直线模组步进电机选型
 Tab. 1 Synchronous belt linear module stepper motor selection

驱动轴 Drive shafts	电机型号 Motor type	保持扭矩 Holding torque/(N·m)	电机额定输出功率 Rated output of the motor/W
X 轴 X-axis	57BYG250C	1.78	100
Y 轴 Y-axis	60BYG250C	3.50	400
Z 轴 Z-axis	60HBR102A	3.60	400

如图 2 所示,饵料投喂装置主要是由料斗、变径接头、蠕动泵、饵料输送管道 4 部分组成。由于黄鳝饵料较为黏稠,通过定时定量控制蠕动泵驱动电机转速和软管流量,保障了饵料在管道中稳定的流速,确保机器人投喂过程的稳定性,并且可以消除阻塞和结块现象的发生,保证日常工作连续使用。变径接头选用国标规定的通用接口,灵活性较强,可以适用于多种口径的饵料输出。蠕动泵采用 35# 专用无接头食品级硅胶管,没有交叉污染的风险,保证了饵料路径的无菌性,其参数如表 2 所示。



1. 料斗; 2. 变径接头; 3. 蠕动软管; 4. 蠕动泵; 5. 圆柱抱箍; 6. 硬管固定件; 7. 软硬管对接接头; 8. 透明硬管。
 1. Hopper; 2. Reducing couplings; 3. Peristaltic hose; 4. Peristaltic pump; 5. Cylindrical clamps; 6. Rigid tube fixings; 7. Hose to hard tube coupling; 8. Transparent rigid tube.

图 2 饵料投喂装置示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the bait feeding device

表 2 蠕动泵规格参数
Tab. 2 Peristaltic pump specification parameters

产品型号 Model number	电机类型 Motor type	电压转速 Voltage speed	使用功率 Power used/W	噪声 Noise/db	流量 Flow rate/(mL/min)
313 KB/ZL	直流减速电机	DC 24 V 507 r/min	≤36	≤70	3 095 (35#)

在间歇性工作条件下,为了避免黄鳝的饵料在管道中出现阻塞和结块的问题,可以采取以下措施:(1)饵料预处理:通过使用冰鲜鱼粉碎机将饵料进行进一步加工,不但可以确保其适合消化和吸收,而且可以降低饵料的黏度,减少结块的可能性。在间歇性工作条件下,可以考虑定期进行饵料搅拌,以防止饵料沉积和结块。使用适当的搅拌设备,如搅拌棒或搅拌器,确保饵料保持均匀混合状态。(2)蠕动泵启动特性:由于蠕动泵具有高速旋转的特性,启动过程中产生的惯性力会使得饵料内部形成涡流,从而增加了黏度和黏着力,引起结块和堵塞等问题。因此,在启动过

程前应缓慢升温并减少切割力和挤压力的影响,同时要控制进料方式,避免过快或过慢地投放。(3)定期清洗和维护:对输送系统进行定期的检查和清洁可以有效减少积存物料,避免结块和堵塞发生。另外,应根据需要更换密封件、蠕动泵配件等易损件,以保证系统的正常运转。(4)控制投喂量和频率:合理控制投喂量和频率可以降低物料积存和减少结块与堵塞的风险。同时,根据实际情况在系统运行中及时调整投喂量和频率,可以进一步提高系统的运行效率和稳定性。通过以上措施综合运用,能够有效防止黄鳝养殖饵料在间歇性工作条件下通过管道投喂时的阻塞和结块现象。根据实际情况,可以进行进一步的工程优化,以提高投喂效果。

3 控制系统硬件设计

自主移动投喂机器人采用嵌入式一体工控机+TMC系列运动控制器的开放式数控系统,控制系统硬件构成如图3所示。

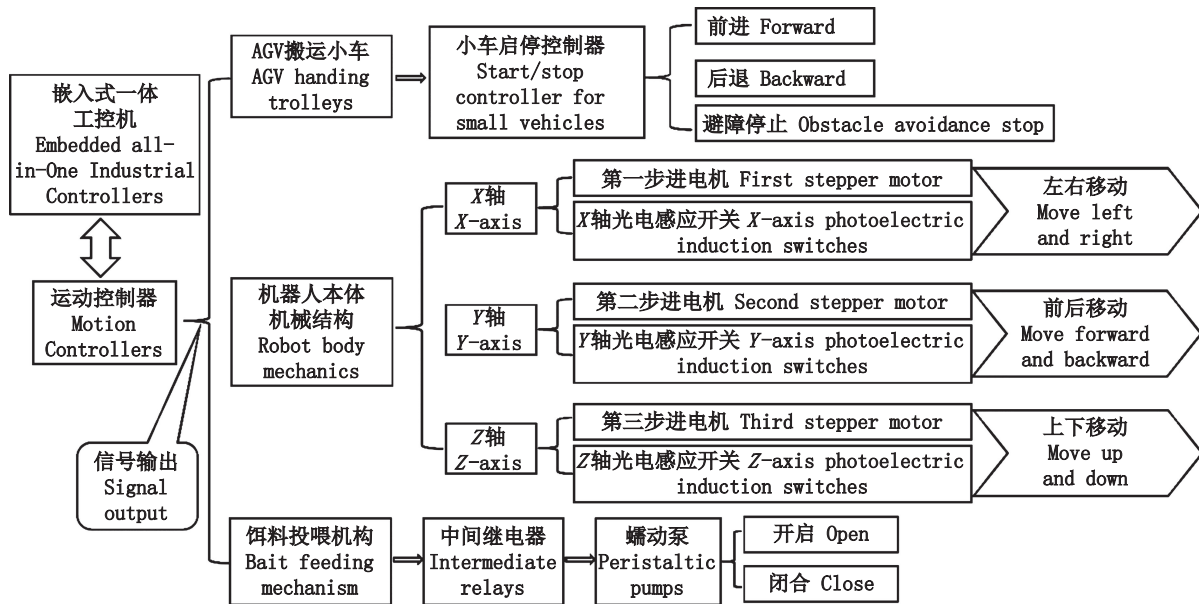


图 3 控制系统硬件构成
Fig. 3 Control system hardware composition

自主移动投喂机器人控制系统主要由嵌入式一体工控机、运动控制器、小车启停控制器、步进电机驱动系统以及中间继电器等组成。按照工作实际需求进行上位机的设计,整套系统采用上位机发出操作指令,下位机执行的模式^[4]。其中,选用昆仑技创的MCGSTPC系列嵌入式一体工控机作为上位机,搭载MegsPro配套组态软件,配以

ARM CPU为核心、主频800 MHz的智能物联网触摸屏,主要负责提供用户操作交互界面并向用户展示反馈数据,例如:系统状态显示、控制指令的执行情况以及系统预警等。运动控制器作为下位机主要负责指令的执行,包括:小车控制器的启停、电机的运转、光电感应开关的检测、中间继电器的闭合等^[5]。工控机通过TX引脚发送RS232通

信命令,运动控制器RX引脚接受命令并执行。

为满足投喂空间定位的技术需求,选用太科技公司生产的TMC系列RX103三轴运动控制器,其整体控制系统原理如图4所示。该控制器采用高效率插补算法,速度快,精度高,可实现点位、轨迹、多轴联动,支持从串口发送到控制其内部Flash,也可从串口读取控制器内部Flash的文件,支持RS232、RS485通信,可满足各种自动化

控制需求。其主要可以分为两部分:手动控制与自动控制,手动控制主要用于机器人系统调试,可以独立地控制AGV小车、X、Y、Z轴电机,蠕动泵等;而自动控制主要用于实际投喂中的各机械结构之间的连续运作。用于小车与蠕动泵启停控制的CDZ9-52PL中间继电器与运动控制器输出接口连接,通过控制继电器的开关量,向小车和蠕动泵传递信号并同时控制启停。

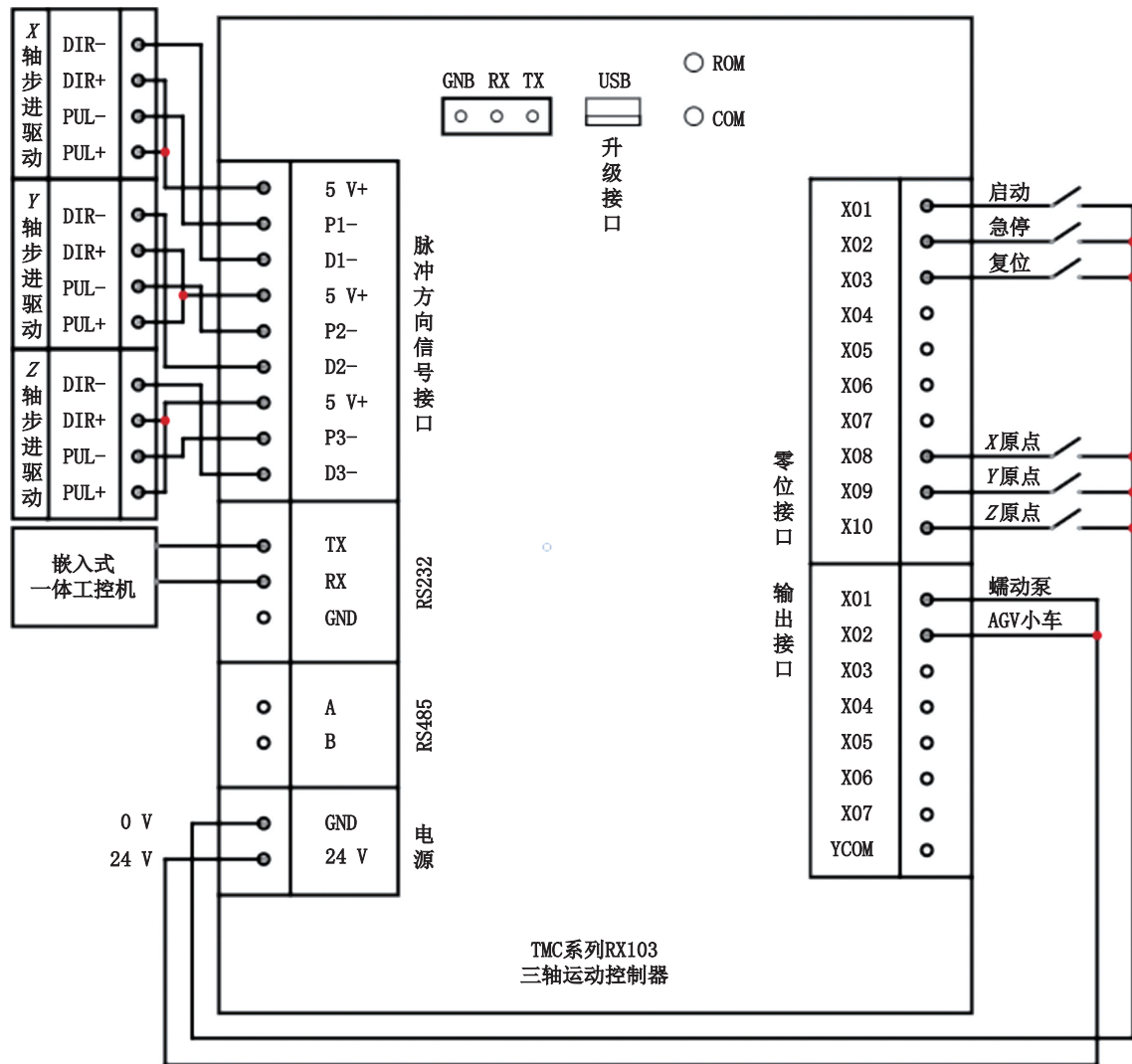


图4 控制系统原理图
Fig. 4 Control system schematic diagram

如图5所示,步进电机驱动方式为差分驱动,选用基于全新一代32位DSP技术的高性能数字式步进驱动器(2D45M),其抗干扰性强,平稳性佳、噪声、振动性能优越,可大幅提高设备性能。通过线路导通脉冲方向信号接口实现三轴联动,为防止出现突然断电,导致Z轴同步带滑台导轨

及其附带机械结构由于自身重力急剧下落导致结构破坏的情况,其电机配有1:5的行星齿轮减速机作为补充。数控电动同步带滑台直线导轨模组各轴配有U型槽NPN光电开关(EE-SX674-WR)作为感应装置,当被感应片经过U型槽且阻断光轴时,光电开关就产生了检测到的开关量信

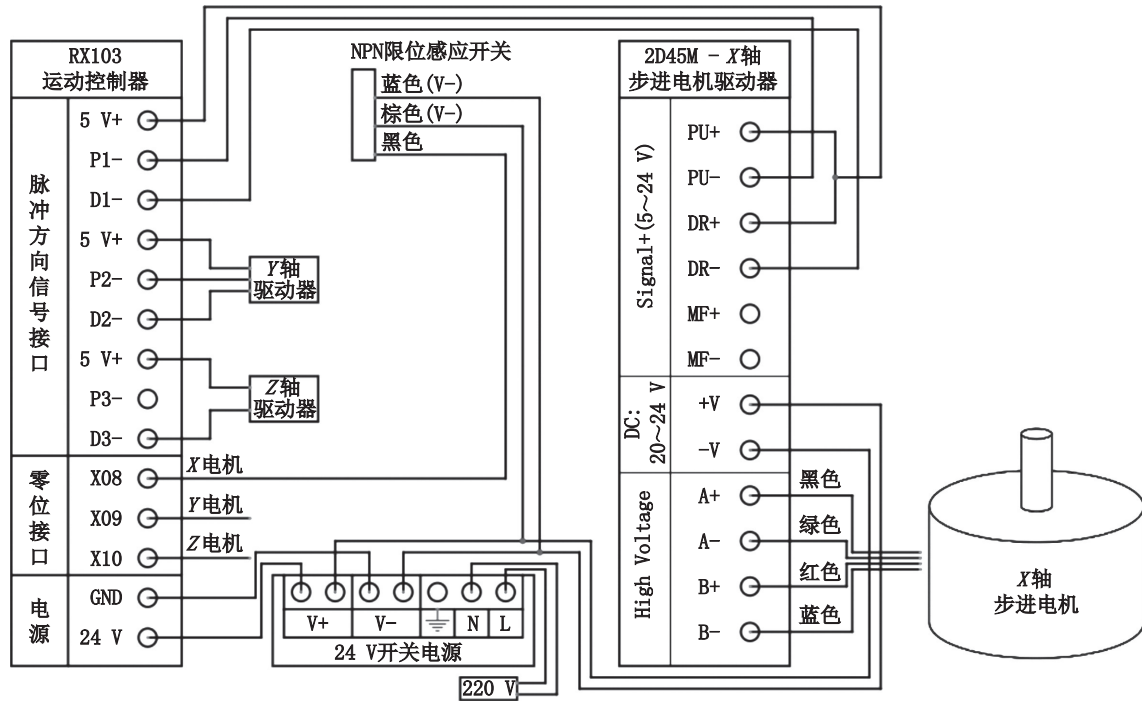


图5 步进电机驱动控制原理图

Fig. 5 Stepper motor drive control schematic diagram

号,电机开始刹车制动直到整个系统停下作为模组的原点,其定位精度为0.05~0.10 mm。

4 软件编程

机器人控制的软件系统以右手法则确定的笛卡尔直角坐标系作为编程的工件坐标系,在编制程序时通过参考同步带滑台导轨的实际工作行程来确定工件坐标系原点。为了保证三轴在工作前有足够空间进行零位调整,导轨起始点与工件坐标系原点的间距需大于1 cm,工件坐标系原点也可根据实际工作情况进行灵活调节^[6]。软件程序包括AGV小车启停控制、电机驱动控制、蠕动泵工作控制等。选用GM代码作为程序编译语言,系统大部分GM代码支持主从通信,每行代码均可包含机器人系统所需完成的任务指令,代码行由序号和一个或多个功能字组成,为对应指令提供约束条件^[7]。编制程序时,X、Y、Z电机驱动,AGV小车运行,蠕动泵接续运转等参数需通过多次现场测试来调整,其参数设置如表3所示^[8]。这些参数配置通过代码输入储存到运动控制器内部Flash,作为后续轨迹、点位、多轴联动、启停规划模块的运行值,其工作运行界面如图6所示^[9]。

5 样机试制与测试

5.1 测试条件与测试方法

该自主移动投喂机器人经过设计、制造和安装调试,于2023年在上海市农业科学院庄行综合试验站进行性能测试,如图7所示。实验采用三层堆叠放置的立体结构黄鳝养殖池,三层结构整体高度1860mm,机器人整体高度2300mm,每个养殖池的尺寸为1450 mm×1000 mm×360 mm,平均水深300 mm,分两列进行投喂。为了评估样机的整体性能,实验开始前,先对AGV小车始发站点、投喂站点和终点站点进行位置标定。使用激光测距仪进行机器人的定位测量,记录机器人实际位置与目标投喂点之间的坐标偏差。使用高精度电子秤对机器人投喂的饵料量进行即时测量,对比实际饵料量与目标投喂量之间的误差。

5.2 性能实验结果综合分析

样机投喂实验中,为确保实验过程的规范性和数据的准确性,对投喂系统进行了严密规划,其系统运行图如图8所示。

本研究进行了3组实验,每组分上、中、下3层鱼池,每次目标投喂量为9.5 g,每组实验皆采集了相应数据以进行分析和比较,旨在评估黄鳝养殖中的自主移动投喂机器人的投喂精度、投喂效率以及系统稳定性,测试结果如表4所示。

表3 主要硬件参数设置
Tab. 3 Main hardware parameter settings

项目 Item	启动顺序 Start-up sequence	触发方式 Trigger method	脉冲当量 Pulse equivalent	启动速度/ 流量 Start-up speed/flow	回零速度 Return to zero speed	最大速度 Maximum speed	加速度 Acceleration	最大行程 Maximum stroke	时间 Time
AGV小车 AGV trolleys	1	电平 Leveling	-	0.6 km/h	0.6 km/h	0.8 km/h	-	-	2 s
蠕动泵 Peristaltic pumps	5	电平 Leveling	-	3 095 mL/ min	-	-	-	-	5 s
X轴电机 X-axis motors	4	脉冲 Pulses	22 脉冲/mm	50 mm/s	50 mm/s	2 000 mm/s	2 000 mm/s ²	100 mm	-
Y轴电机 Y-axis motors	2	脉冲 Pulses	22 脉冲/mm	50 mm/s	50 mm/s	2 000 mm/s	2 000 mm/s ²	100 mm	-
Z轴电机 Z-axis motors	3	脉冲 Pulses	110 脉冲/mm	50 mm/s	50 mm/s	1 000 mm/s	300 mm/s ²	2 000 mm	-

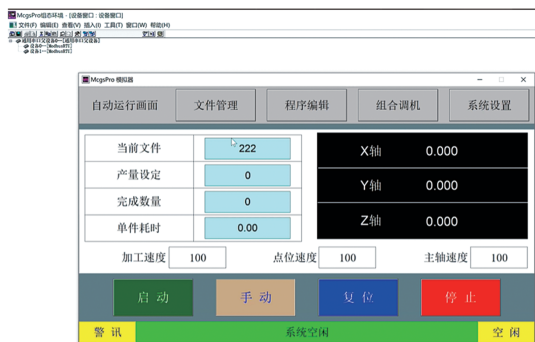


图6 程序工作运行界面

Fig. 6 Program work running interface

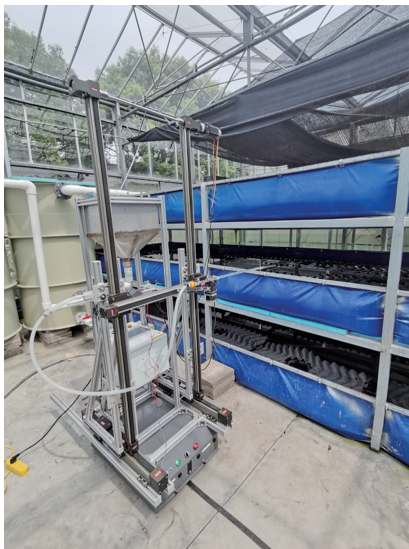


图7 自主移动投喂机器人现场试验

Fig. 7 Autonomous mobile feeding robot field test

通过记录实验组数据并进行统计分析,得出机器人投喂精度的平均投喂误差为(2.1, 1.8, 2.1) mm,标准偏差为(2.6, 2.3, 2.5) mm。平均投

喂误差反映了机器人实际投喂位置与目标位置之间的平均偏离程度,数据显示,机器人的平均投喂误差较小,表明其在投喂过程中能够实现较准确的定位。标准偏差是用于度量投喂误差数据集中变异程度的指标,较小的标准偏差值表明投喂误差的分布相对集中,具有较小的离散度。这表明机器人在不同投喂任务中表现出一致的定位精度,并且具备较高的稳定性和可靠性。

此外,通过表中数据可得机器人的平均投喂速度为 1.85 g/s,平均投喂量为 9.3 g,这意味着机器人能够以相对稳定的速度进行投喂,并且每次投喂的量接近目标投喂量。平均投喂速度和平均投喂量的数据结果反映了机器人投喂系统在控制投喂速度和量方面具备一定的准确性和一致性^[10-11]。为了评估机器人投喂系统的稳定性和可靠性,在实验基地以 0.5 km/h 的移动速度连续运行了 50 h,在此期间,机器人投喂系统运行稳定可靠,无技术故障和系统中断发生。此外,该系统还具备可调整的移动速度范围,从 0.5 km/h 到 4 km/h。这表明机器人投喂系统在稳定可靠性方面表现出良好的性能,并且设计考虑了适应不同速度需求的灵活性。

通过上述实验数据和结果表明,自主移动投喂机器人具有高投喂精度、高投喂效率的优势,并且在系统稳定性方面表现出色。此外,机器人可以实现养殖基地自主移动导航,并以较高的定位精度到达堆叠放置的黄鳝养殖池,饵料输出模块可以确保机器人投喂过程的稳定性,顺利完成投喂目标。通过多次测试数据显示,饵料投喂量

的误差小于5%,证实了方案设计的正确性。这些数据为推广和应用机器人投喂技术在黄鳝养

殖中的应用提供了坚实的依据,并可以根据实际需求进行进一步的优化和改进。

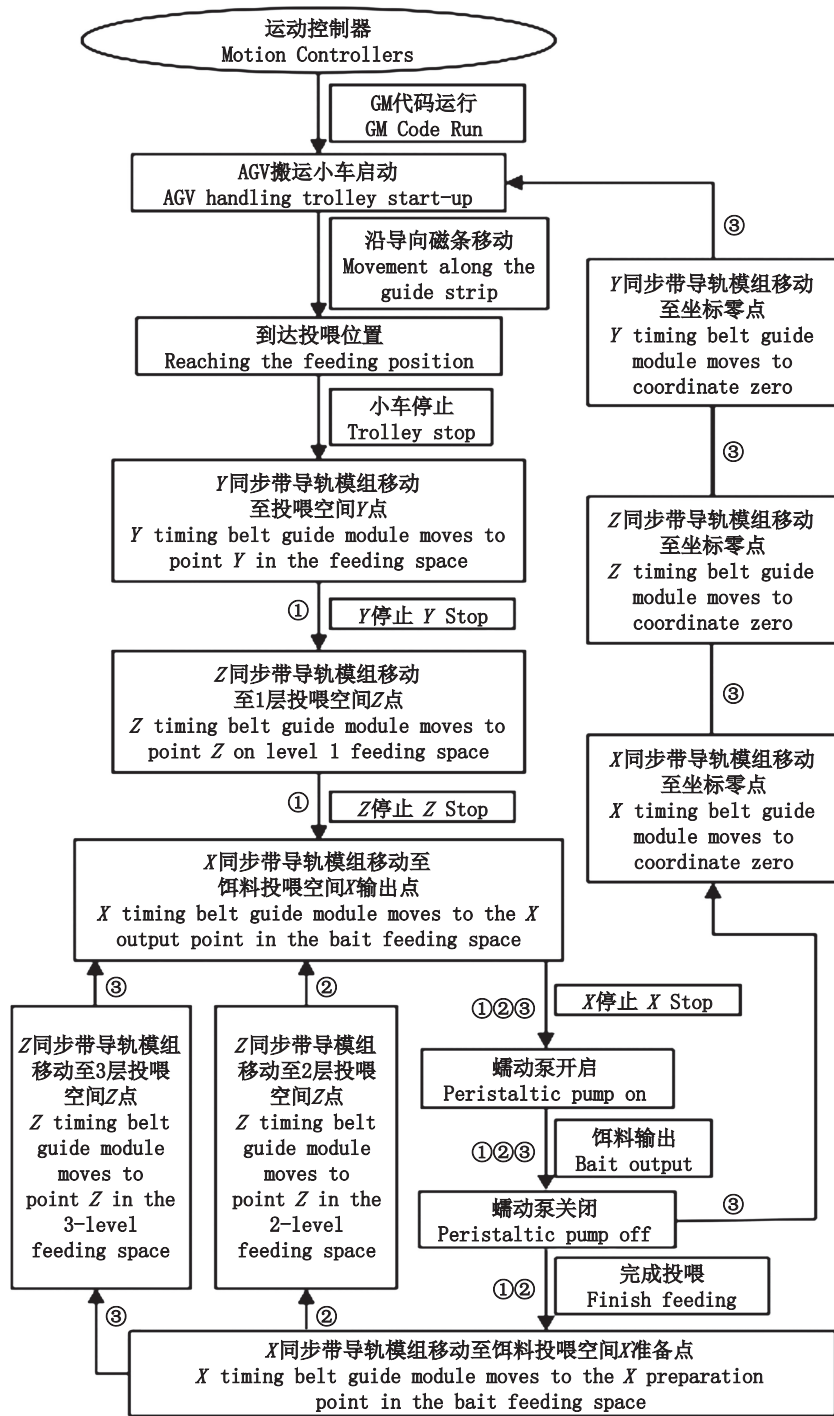


图8 自主移动投喂机器人系统运行图

Fig. 8 Operation diagram of autonomous mobile feeding robot system

6 结束语

本文所研制的黄鳝养殖自动移动投喂机器人具有机械结构新颖,结构调节范围大等优点,

可针对养殖环境的变化进行灵活调整,使用环境较为广泛。投喂机器人引入AGV搬运小车实现自主移动,可适用于多种场景下的渔业养殖。通过选择蠕动泵实现饵料输送能够很好地解决黏

稠饵料结块现象的发生,而且可以保证饵料的喂食量和投喂的稳定性^[12]。配套专用无接头食品

级硅胶管+透明硬管的方式,排除交叉污染的风险,保证了饵料路径的无菌性。

表4 自主移动投喂机器人测试实验结果
Tab. 4 Experimental results of autonomous mobile feeding robot tests

实验组 Experimental group	投喂精度 Feeding accuracy			投喂效率 Feeding efficiency		
	目标投喂位置 Target feeding position (x, y, z)/mm	实际投喂位置 Actual feeding position (x, y, z)/mm	投喂误差 Feeding error amount (Δx , Δy , Δz)/mm	投喂速度 Feeding rate/ (g/s)	投喂时间 Feeding time/s	投喂量 Feeding quantity/g
1	(490, 50, 100)	(495, 49, 102)	(5, -1, 2)	1.88	5	9.4
	(490, 50, 800)	(492, 52, 804)	(2, 2, 4)	1.84	5	9.2
	(490, 50, 1 500)	(487, 55, 1 503)	(-3, 5, 3)	1.62	5	8.1
2	(490, 50, 100)	(493, 51, 99)	(3, 1, -3)	2.02	5	10.1
	(490, 50, 800)	(492, 53, 804)	(2, 3, 4)	1.90	5	9.5
	(490, 50, 1 500)	(494, 52, 1 504)	(4, 2, 4)	1.84	5	9.2
3	(490, 50, 100)	(489, 54, 103)	(-1, 4, 3)	1.96	5	9.8
	(490, 50, 800)	(494, 53, 799)	(4, 3, -1)	1.86	5	9.3
	(490, 50, 1 500)	(493, 48, 1 503)	(3, -2, 3)	1.74	5	8.7

此外,我们对机器人系统的性能进行了全面的评估和分析。与传统的人工投喂方式相比,该机器人在投喂精度、效率和成本方面均取得了显著的改进。尽管本研究取得了一系列重要成果,但仍然面临着一些挑战和局限性。例如,在复杂的养殖环境下,机器人的感知能力和适应性仍有待进一步提高。因此,未来的研究方向可以集中在进一步优化机器人的智能决策算法,以应对更加复杂多变的养殖环境需求,并结合先进的人工智能技术实现更高级的自主功能。

本研究通过自主移动投喂机器人在黄鳝养殖领域的应用,填补了相关研究的空白,并为未来的技术发展提供了新的思路和方向,同时也推动了渔业养殖业机械化、智能化发展,相信它将为养殖行业的可持续发展和产业升级带来重要的变革和福利。

参考文献:

- [1] 刘美,江伟,杨玉清,等. 家用智能投喂-灌溉机器人[J]. 数字技术与应用, 2021, 39(2): 13-15.
LIU M, JIANG W, YANG Y Q, et al. Research and design of household intelligent feeding-irrigation robot[J]. Digital Technology and Application, 2021, 39(2): 13-15.
- [2] 张佐经,陈希同,冯建合,等. 面向水产养殖的精确化补氧系统研究[J]. 农机化研究, 2013, 35(1): 133-137.
ZHANG Z J, CHEN X T, FENG J H, et al. Study on aquacultural intelligent supplemental oxygen system [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2013, 35(1): 133-137.

- [3] 张礼睿,孙勇智,刘力铭,等. 无里程计移动机器人多传感器融合定位算法[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2023(2): 109-112.
ZHANG L R, SUN Y Z, LIU L M, et al. Multi-sensor fusion localization algorithm of mobile robot without odometer [J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2023(2): 109-112.
- [4] 崔林. 基于逆向工程激光洗水烧花机控制系统研究[D]. 淄博: 山东理工大学, 2018.
CUI L. Research on the control system of laser washing and burnishing machine based on reverse engineering [D]. Zibo: Shandong University of Technology, 2018.
- [5] 魏娟,刘培艳. 移动机器人及其控制系统研制[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2008(3): 49-51.
WEI J, LIU P Y. Development on the mobile robot and its control system [J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2008(3): 49-51.
- [6] 王新艳,李晶华,李艺超. 基于MCGS的充电控制导引功能检测系统的设计[J]. 计算机测量与控制, 2020, 28(4): 41-45, 52.
WANG X Y, LI J H, LI Y C. Design of the test system of AC charging pile control and guidance function based on MCGS [J]. Computer Measurement & Control, 2020, 28(4): 41-45, 52.
- [7] 赵立军,李强,陈爽,等. 智能鱼菜共生装置的设计与试验研究: 基于物联网远程控制[J]. 农机化研究, 2021, 43(11): 98-104.
ZHAO L J, LI Q, CHEN S, et al. Design and experimental research of intelligent fish vegetable symbiosis device based on internet of things remote control [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2021, 43(11): 98-104.

- [8] REINOSO O, PAYÁ L. Special issue on mobile robots navigation[J]. Applied Sciences, 2020, 10(4): 1317.
- [9] 陈娟, 梅占勇, 马晓慧. 移动机器人导航路径的 Halton 采样-先验 RRT* 规划[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2022(8): 1-5.
- CHEN J, MEI Z Y, MA X H. Halton Sampling-priori RRT* based method of mobile robot navigation path planning [J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2022, (8): 1-5.
- [10] 苏冠领, 余金永, 李元庆. 工业机器人投料系统在自动化生产线上的应用研究[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(15): 166-169.
- SU G L, YU J Y, LI Y Q. Research on the application of industrial robot feeding system in automated production line [J]. Technology Innovation and Application, 2022, 12(15): 166-169.
- [11] 邓素芳, 杨有泉, 陈敏. 全自动饵料精量投喂装置的研究[J]. 农机化研究, 2010, 32(11): 103-105, 109.
- DENG S F, YANG Y Q, CHEN M. Automatic quantitative bait feeding device [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2010, 32(11): 103-105, 109.
- [12] 贾宇辉, 徐振宇, 王孝洪, 等. 基于 S3C2440 的电力线巡检机器人系统设计[J]. 电测与仪表, 2011, 48(5): 45-48, 55.
- JIA Y H, XU Z Y, WANG X H, et al. System design of wire inspection robot based on S3C2440 [J]. Electrical Measurement and Instrumentation, 2011, 48(5): 45-48, 55.

Development of an autonomous mobile feeding robot for eel farming

LIU Zhixin¹, LAI Leijie¹, YUAN Quan², ZHOU Wenzong², XU Zhen¹

(1. School of Mechanical and Automotive Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China; 2. Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China)

Abstract: In this paper, an autonomous mobile feeding robot system for eel farming is developed, which mainly includes AGV handling trolley, XYZ CNC electric synchronous belt sliding table linear guide module, feeding peristaltic pump, motion controller, etc. The AGV handling trolley detects the guiding magnetic stripe in real time to determine the working path through the sensing device. The motion controller outputs pulse signals to the stepping motor of the XYZ three-dimensional CNC electric synchronous belt slide table linear guide module to achieve the spatial positioning of the robot feeding position. By controlling the rotational speed of the peristaltic pump drive motor, the precise feeding of bait and the stability of the feeding process are realised. Nine prototype performance tests were carried out for the three-layer three-dimensional eel pond with a target feeding volume of 9.5 g. The results showed that the average error of the robot spatial positioning accuracy was (2.1, 1.8, 2.1) mm, and the standard deviation was (2.6, 2.3, 2.5) mm, and the average feeding rate of the robot was 1.85 g/s, and the average feeding volume was 9.3 g, with an error of less than 5%. To assess the stability and reliability of the system, the robot was operated continuously for 50 hours at a travelling speed of 0.5 km/h without technical failures or system interruptions. In conclusion, the autonomous mobile feeding robot is stable and reliable, with high feeding accuracy and good feeding effect, which has strong practical and popularisation value.

Key words: eel farming; autonomous mobile feeding robot; AGV handling trolley; XYZ synchronous belt guide module; peristaltic pump