

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.08.017

标准化池塘养殖自动投饵系统设计*

王志勇¹ 湛志新² 江涛² 郭根喜³

(1. 农业部渔业装备与工程重点开放实验室, 上海 200092; 2. 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092;
3. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广州 510300)

【摘要】 基于气力输送原理,设计了一套以 S7-200 可编程序控制器(PLC)为控制器,触摸屏为人机界面的自动投饵系统。论述了投饵设备的组成及工作原理,控制系统的设计以及软件实现。通过 PLC 系统对下料速度、投饵时间、停饵时间等参数进行设定,实现自动投饵控制。试验结果表明,该系统达到设计要求,输送管长 320 m 时投饵量可达 1.1 t/h,定量精度为 $\pm 1.5\%$ 。

关键词: 池塘养殖 投饵机 自动控制

中图分类号: S969.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)08-0077-04

Design of Automatic Feeding System in Standardization Pond Culture

Wang Zhiyong¹ Shen Zhixin² Jiang Tao² Guo Genxi³

(1. Key Laboratory of Fishery Equipment and Engineering Ministry of Agriculture, Shanghai 200092, China

2. Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Shanghai 200092, China

3. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Guangzhou 510300, China)

Abstract

An automatic feeding system was developed based on the pneumatic conveying principle, which took S7-200 PLC as controller and touch panel as human machine interface. System structure, main function and working principle of the feeding system were introduced. The design and realization process of the hard circuit and software were discussed. Velocity with feed empty, feeding time and stopping time were setting by the PLC software to automatic control feeding. Experimental results showed that the feeding system met the design requirements. Feeding volume could be 1.1 t/h at 320 m. The quantitative accuracy was $\pm 1.5\%$.

Key words Pond culture, Feeding system, Automatic control

引言

近年来我国水产养殖业有了很大的发展,而池塘养殖的产量占中国水产养殖产量的 80%。饲料是水产养殖生产中的重要投入,饲料投喂技术是否合理,是影响池塘养殖效果和环境生态效益的一个最重要的因素。而国内池塘养殖生产中投喂技术粗糙、随意性大,常常造成饲料的浪费,残余饲料恶化养殖环境,增加了病害发生机会,进而造成用药量增加,不但养殖成本增加,效益下降,而且对生态环境

产生了极为不良的影响,甚至对人类的健康带来严重的威胁^[1-2]。

因此要开展健康养殖,保持水产养殖的可持续发展,饲料投喂技术非常关键。国内使用较多的是单片机控制的小型自动投饵机^[3-5],虽能满足一般用户的需求,但存在故障率高、可靠性较差等问题,不能满足池塘养殖高密度、大容量的要求。国外采用计算机控制自动投喂^[6-7]。本文以我国淡水池塘养殖为重点,在标准化池塘养殖生产技术体系、池塘养殖自动投喂控制技术及装备设施等方面进行关键

收稿日期: 2009-10-19 修回日期: 2010-02-02

* 国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2010AA100301)和现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目(nycytx-49-12)

作者简介: 王志勇,助理研究员,主要从事现代渔业装备研究, E-mail: wzy279@sina.com

技术与集成,开发适合于不同养殖条件、不同养殖品种的系列饲料投喂设备。

1 自动投饵系统总体结构及工作原理

投饵系统的设计基于低压压送式气力输送原理,整套投饵系统由进料机构、分配机构、输送机构、控制机构等组成,并基于可编程控制器(PLC)进行自动控制,触摸屏进行人机交互操作。可以实现对多个养殖池塘的定时、定量准确投饵。

投饵系统总体结构如图1所示。系统工作原理:当PLC给出启动指令,分配器滑动头转动到初始位置,料位开关检测储料仓是否有料,若有料,电动排空阀打开进行排空,罗茨风机开始运行,然后关闭排空阀。PLC控制螺旋输送机开始下料,风机产生的空气流经加速室加速产生高速气流,在螺旋输送机出口附近产生一个负压区,在负压及加速气流的助打下料仓下料给输送管道供料。气流和饲料颗粒的混合物通过分配器出料口进入输送管道,分配器滑动头沿分配箱体可以 360° 旋转。根据实际需要,投饵系统设计了8个出料口。饲料通过输送管被输送到位于输送管末端的抛料口,抛料口在射流的反推力作用下作 360° 旋转,将饲料均匀抛洒到不同池塘的水面上^[8-9]。

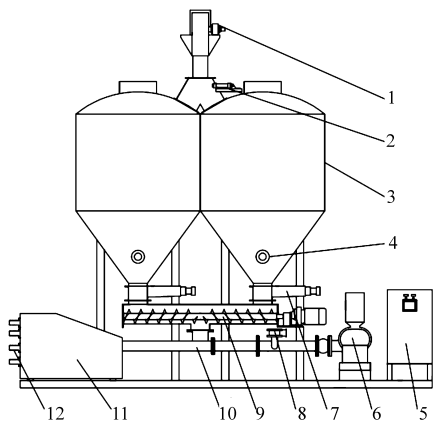


图1 自动投饵系统总体结构图

Fig.1 Overall structure of automatic feeding system

1. 提升机 2. 气动三通 3. 储料仓 4. 料位仪 5. 控制柜
6. 罗茨风机 7. 气动闸门 8. 电动阀 9. 螺旋输送机 10. 加速室
11. 分配器 12. 出料口

2 控制系统设计

将基于PLC的自动控制系统应用于水产养殖管理,有助于养殖设施自动化水平的提高。该投饵机控制系统选用Siemens S7-200型PLC。PLC作为系统的核心控制器件,主要完成下列功能^[10]: ① 开、停机控制。② 运行流程控制。③ 电源装置状态量的采集。④ 模拟量采集。⑤ 设置、显示参

数的计算。⑥ 与触摸屏通信。

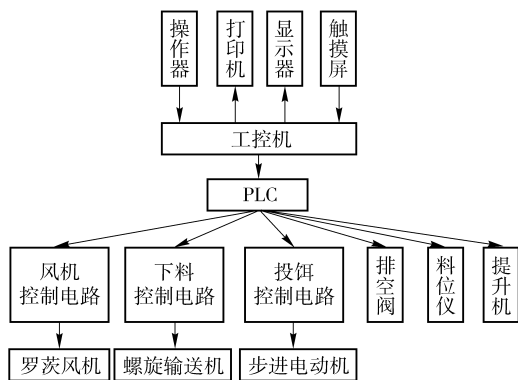


图2 控制系统结构框图

Fig.2 Structure of control system

为保证可靠性,系统采用研华工控机作为上位机。工控机采用标准配置且内装光电隔离型8路D/A板卡和I/O适配卡。PLC通过RS-232接口与上位机通信,控制系统结构如图2所示。系统不仅可以由计算机远程控制,还可以采用触摸屏进行人机交互操作。该产品采用4线电阻式触摸屏,同时还预装了微软嵌入式实时多任务操作系统WinCE.NET和MCGS嵌入式组态软件,通过操作界面用户可以方便、直观地进行系统操作、参数设置、数据浏览。

2.1 硬件系统分析

分配器滑动头的准确定位是控制不同目标水体投饵的关键。图3为控制系统原理图,投饵分配器由步进电动机控制,通过驱动器驱动步进电动机运转,滑动头沿着分配箱体可以在 360° 范围内旋转到任意一个出料口,每个出料口的饲料通过管道被输送到不同的池塘。驱动器的输入信号共有3路,分别是:步进脉冲信号CP、方向电平信号DIR、脱机信号FREE。输入脉冲信号用于控制步进电动机的位置和速度,以一个出料口为基准,通过电感式接近开关进行准确定位,驱动器每接收一个CP脉冲就驱动步进电动机旋转一个步距角。改变CP脉冲的频率,能改变步进电动机的转速,控制CP脉冲数,则可以使步进电动机精确定位。这样就可以很方便地达到步进电动机调速和定位的目的,从而实现对不同目标的投饵。驱动器的端口内置光耦,光耦导通一次被驱动器解释为一个有效脉冲。为了确保脉冲信号的可靠响应,光耦每次导通的持续时间不应少于 $10\ \mu\text{s}$,驱动器的信号响应频率为 $200\ \text{kHz}$ 。

在控制系统中添加变频器用来调节物料输送电动机的转速,控制物料的流量。一般变频器具有面板数字控制和端子电压(或电流)控制多种控制方式。本系统选用Siemens V10型变频器。变频器内

置 10 种常见的客户接线方式,可以在初始化阶段直接通过菜单进行选择,相关的参数就可以自动设置完成。高精度的模拟输入和输出接口,通过开关可以选择电压或者电流模式,内置 PI 控制器,可以满足简单的过程控制。图 4 为变频器连接图。L1、L2、L3 为三相电源输入端,U、V、W 为三相电源输出端,在“本地”模式下,电动机的启停、旋转方向及转

速可以通过操作面板控制;在“远程”模式下,电动机的启停可以由与数字量输入端子 DI3 相连的外部信号源控制、MOP 升速/MOP 降速可以由与数字量输入端子 DI1 及 DI2 相连的外部信号源控制。上升和下降的斜坡时间可以长达 300 s,而且上升和下降的斜坡都可以设置平滑圆弧,以减少停止和起对机械设备带来的冲击。

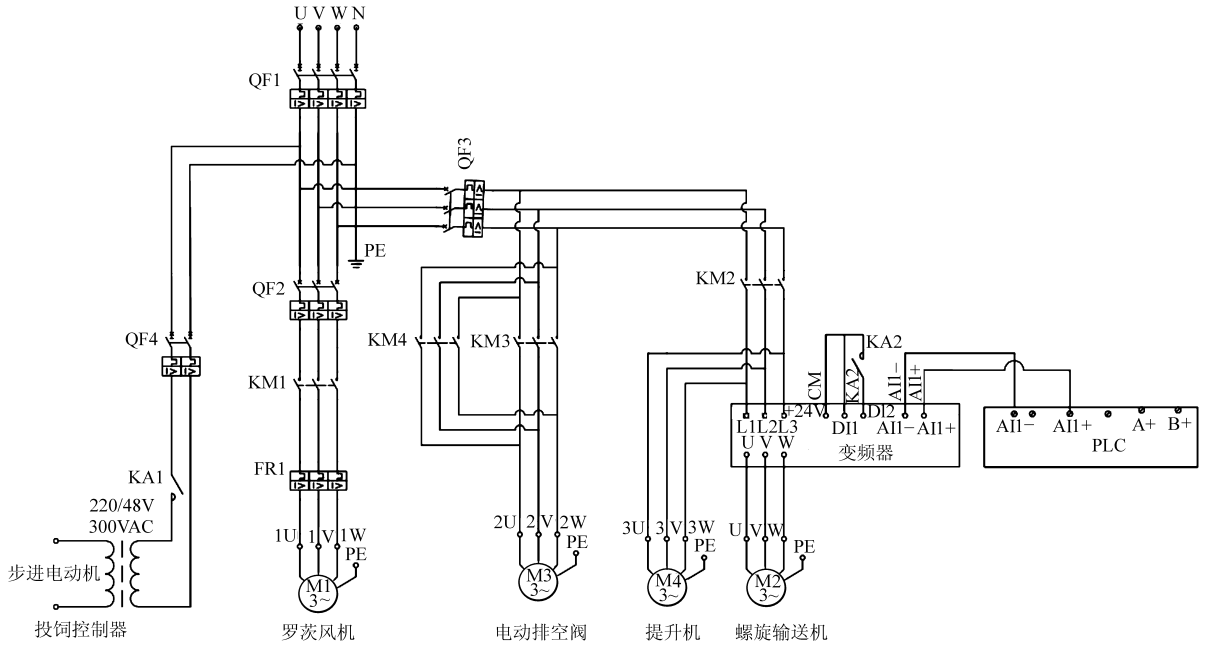


图 3 自动投饵控制系统主电路原理图

Fig. 3 Main circuit diagram of automatic feeding control system

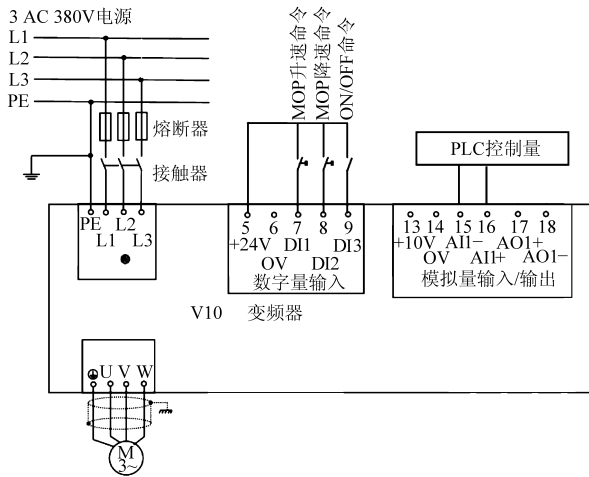


图 4 变频器控制原理图

Fig. 4 Principle diagram of inverter control

2.2 程序设计

软件主要由触摸屏程序和 PLC 程序组成。共编辑了 7 个触摸屏界面,包括主显示操作、参数设置、投饵控制、系统工作状态、历史数据查询、数据编辑和远程控制。投饵控制界面中分别显示了各池塘的计划投饵量和当前完成的百分比,当系统进入投饵状态时,点击图标能显示详细的投饵信息。参数

设置界面可对系统的所有运行参数进行设定;在系统状态界面可直观地看到电压、电流、料仓料位、当前系统各部分的运行情况,在此界面中可对系统各部分进行手动操作。在历史数据查询界面下,可查看所有完成的投饵任务,包括投饵时间、投饵量和投饵种类;远程控制具备按时自动投饵的功能。进入自动投饵设定的程序,选择计划投饵的时间,勾选计划投饵的池塘和相应的投饵参数,点击添加任务,系统将在设定的时间自动执行投饵任务。

根据控制工艺要求,在 STEP7.0 平台上编写了 PLC 程序梯形图,其主程序流程如图 5 所示。PLC 与上位 PC 机的串行通信程序用 C 语言编写。

3 试验结果与分析

根据水产行业标准投饵机测试大纲^[11]要求分别对 320 m、150 m、75 m 3 种规格长度的输送管道进行投饵试验,对不同长度投饵时最大投饵距离、最大投饵量、饲料在管道中运行速度以及饲料破碎率进行了测试和记录,试验数据如表 1 所示。

试验环境风速 0.36 ~ 2.5 m/s, 温度 32.5 ~ 34.8℃,物料密度 398 g/L,抛料口抛投头结构采用

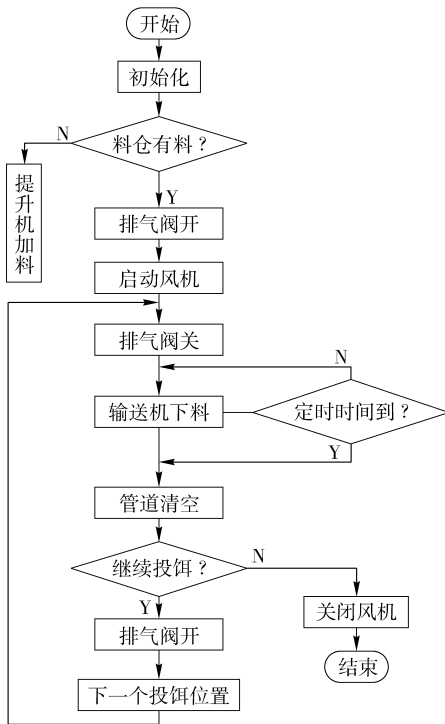


图5 主程序流程图

Fig.5 Flow chart of main program

自启动回转,抛料口离地高度 1 m, 输送管直径 55 mm。测试过程中抛投的饲料能均匀落在圆形范围内,无明显偏向。喂料机喂料,投饵量无明显波动;连续抛投工况下调节投饵量,未发生卡料现象。整套机器安全可靠,供料速度和供料时间均连续可调,实现定时、定量自动投饵;最大投饵距离可达 320 m,水面投饵角度为 360°。

4 结束语

系统采用气力输送,不仅输送可靠,输送效率

表 1 试验结果

Tab.1 Experimental test

测试项目	管长/m			行业标准
	320	150	75	
最大投饵量 /kg·h ⁻¹	1 108	1 256	1 454	1 000 ~ 1 200
最大投饵距离 /m	9.1	11.0	11.6	6 ~ 9
平均破碎率/%	0.7	0.6	0.6	≤2
出料运行速度 /m·s ⁻¹	12.85	15.76	17.12	
抛料口风速 /m·s ⁻¹	19.10	19.48	19.97	≥18
吨料电耗 /kW·h·t ⁻¹	8.2	5.8	4.9	5.5 ~ 9.0

高,而且可以实现长距离、大容量的输送。系统结合 PLC 和触摸屏进行控制,实现整个投饵过程自动化。可以进行远程控制和手动操作,方便进行投饵量、投饵速度、投饵距离的设置。节省了劳动力,减少了饲料沉积溶解对养殖环境的污染。

试验结果表明,随着输送距离的增加,由于管道气压阻力增大,最大投饵量和投饵距离减小,平均破碎率也略有增加。该系统最大投饵量和最大投饵距离是根据需要设计的,如果要满足更长距离和更大投饵量,可以通过增大输送管直径,以及提高罗茨风机功率来实现。另外,不同密度的饲料,所测试的数据会有不同,在投饵过程中可通过人机交互操作界面对饲料密度等参数进行设定,从而确定准确投饵量。

参 考 文 献

- 徐皓,刘兴国,吴凡. 池塘养殖系统模式构建主要技术与改造模式[J]. 中国水产,2009(8):7~9.
- 王兴礼,叶志慧. 鱼类健康养殖的技术措施[J]. 内陆水产,2008(6):8~9.
- 肖忠,张新建,莫洪林. 程控投饵机自动控制系统设计[J]. 农机化研究,2007,29(12):79~81.
Xiao Zhong, Zhang Xinjian, Mo Honglin. Design of auto-control system in programmable feeding machine for ponds[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007,29(12):79~81. (in Chinese)
- 宋协法,路士森. 深水网箱投饵机设计与试验研究[J]. 中国海洋大学学报:自然科学版,2006,36(3):405~409.
Song Xiefa, Lu Shisen. Design and experiment study of a new feeder for deep sea cages[J]. Periodical of Ocean University of China: Natural Science Edition, 2006,36(3):405~409. (in Chinese)
- 郭根喜,庄保陆,王良运,等. 基于 PLC 的远程气力输送自动投饵控制系统的设计与实现[J]. 南方水产,2008(12):8~10.
Guo Genxi, Zhuang Baolu, Wang Liangyun, et al. Design of automatic control system with remote pneumatic conveying feeding system based on PLC[J]. South China Fisheries Science, 2008(12):8~10. (in Chinese)
- Dunn M, Dallard K. Observing behaviour and growth using the Simrad FCM 160 fish cage system[M]//Reinertsen H, Dahle L A, Jørgensen L, et al. Fish Farming Technology, Rofferdam: AA Balkema, 1993:269~274.
- Kevin D P, Rayann J P. Accuracy of a machine-vision pellet detection system[J]. Aquacultural Engineering, 2003,29(3~4):109~123.

- Energy, 2009, 86(1):74 ~ 80.
- 46 Ozolincius R, Varnagiryte Kabasinskiene I, Stakenas V, et al. Effects of wood ash and nitrogen fertilization on Scots pine crown biomass[J]. Biomass and Bioenergy, 2007, 31(10): 700 ~ 709.
- 47 Ozolincius R, Buozyte R, Varnagiryte Kabasinskiene I. Wood ash and nitrogen influence on ground vegetation cover and chemical composition[J]. Biomass and Bioenergy, 2007, 31(10): 710 ~ 716.
- 48 Mandre M. Influence of wood ash on soil chemical composition and biochemical parameters of young Scots pine [C]. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences: Biology, Ecology, 2006, 55(2):91 ~ 107.
- 49 Pärn H. Effect of wood ash application on radial and height growth of young Scots pines (*Pinus sylvestris* L.) [J]. Forestry Studies, 2005, 42:48 ~ 57.
- 50 Staffan J. Addition of stabilized wood ashes to Swedish coniferous stands on mineral soils-effects on stem growth and needle nutrient concentrations[J]. Silva Fennica, 2003, 37(4): 437 ~ 450.
- 51 Ozolincius R, Varnagiryte I. Effects of wood ash application on heavy metal concentrations in soil, soil solution and vegetation in a Lithuanian Scots pine stand[J]. Forestry Studies, 2005, 42:66 ~ 73.
- 52 Fritze H, Perkiomaki J, Saarela U, et al. Effect of Cd-containing wood ash on the microflora of coniferous forest humus[J]. FEMS Microbiology Ecology, 2000, 32(1): 43 ~ 51.
- 53 杨丽娟,李天来,付时丰,等.长期施肥对菜田土壤微量元素有效性的影响[J].植物营养与肥料学报,2006,12(4): 549 ~ 555.
Yang Lijuan, Li Tianlai, Fu Shifeng, et al. Effects of long-term fertilization on availability of micro-elements in vegetable soil[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,2006,12(4): 549 ~ 555. (in Chinese)
- 54 胡亚林,汪思龙,颜绍廬.影响土壤微生物活性与群落结构因素研究进展[J].土壤通报,2006,37(1):170 ~ 176.
Hu Yalin, Wang Silong, Yan Shaokui. Research advances on the factors influencing the activity and community structure of soil microorganism[J]. Chinese Journal of Soil Science,2006,37(1):170 ~ 176. (in Chinese)
- 55 陈永柳.水稻营养障碍因素调查与矫治[J].土壤肥料,1996(3):23 ~ 26.

(上接第 80 页)

- 8 周晓林,焦仁育,朱文锦,等.渔业自动投饵类型、结构原理及应用[J].渔业现代化,2003(6): 46 ~ 47.
- 9 周晓林,姬广闻,焦仁育.网箱养鱼自动投饵机的设计与应用[J].淡水渔业,2003(2):36 ~ 37.
- 10 王永华.现代电气控制及 PLC 应用技术[M].北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- 11 SC/T6023—2002 水产行业标准.投饵机[S].
- 12 Qiestad V, Pedersen T, Folkvoro A, et al. Automatic feeding and harvesting of juvenile atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in a pond[J]. Modeling, Identification and Control, 1987, 8(1): 39 ~ 46.
- 13 Papandroulakis N, Dimitris P, Pascal D. An automated feeding system for intensive hatcheries[J]. Aquac. Eng., 2002, 26(1): 13 ~ 26.