

# 水产养殖多环境因子控制系统的研究

刘星桥, 赵德安, 全力, 潘天红, 刘国海, 薛文平

(江苏大学, 镇江 212013)

**摘 要:** 该文分析了国内工厂化水产养殖的现状和存在的问题, 提出了以 PC 机为上位机, 以西门子 S7-224 Programmable Logic Controller (简称 PLC) 为下位机的水产养殖多环境因子的计算机监控系统的设计方案, 阐述了系统的硬件和软件实现方法, 成功地应用在工厂化养殖鳊鱼生产中。试验结果表明, 该系统操作方便, 人机界面友好, 性能价格比高, 实时控制鱼池中的溶氧量、温度、pH 值, 使多环境因子稳定在最佳值附近。增产节能效果显著, 为提高我国工厂化养殖水平提供了一项切实可行的技术措施。

**关键词:** 水产养殖; 多环境因子; 监控; 通讯编程

**中图分类号:** S96; S969

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1002-6819(2003)03-0205-04

## 1 引言

20 世纪 80 年以来, 我国水产养殖业取得了较大的成绩, 已逐步从传统的池塘养殖走向工厂化养殖。但是, 由于现有的工厂化养殖技术和设施水准较低, 自动监控(检测)技术的应用则更加落后, 大部分属于温室流水养鱼(鳊、鲢), 水不经处理直接排放, 是工厂化养殖的初级模式。因此, 如何建立水产养殖环境自动监控系统, 将养殖环境控制在最佳状态, 实现零排放, 必将是今后工业化养殖的发展趋势。

为了提高工厂化养殖水平, 自 20 世纪 90 年代以来, 国内一些省市先后从国外引进了一批现代化的工厂化养殖设备及控制系统。但是这些设备和系统价格昂贵, 运行成本高, 在国内推广普及困难。本系统以通用 PC 机为上位机, 以多个西门子 S7-224PLC 为下位机, 进行自动检测和控制养殖水池的温度、溶氧量、浑浊度、氨氮量等各环境因子, 使鱼类生长在最适宜环境条件下, 实行水体活性循环, 自动投饵、科学养殖、自动排污等功能, 达到低成本、高效益工厂化养殖。

## 2 系统硬件结构

### 2.1 主要硬件设备

本监控系统是由 1 台 BM-PC586 机为上位机, 3 台(可以更多台)西门子 S7-224PLC 作为下位机组成的水产养殖多环境因子集散控制系统<sup>[1]</sup>, 其硬件结构如图 1 所示: 下位机对整个养鱼池的养殖环境参数进行检测与控制, 即: 将传感器采集的有关参量如温度、氨氮含量、溶解氧含量、pH 值、水位、浑浊度等转换为数字信号, 并把这些数据暂存起来, 然后与给定值进行比较, 经优化的控制算法后, 给出相应的控制信号, 同时经过串行通信接口将数据送至上位机。上位机主要完成数据管理、智能决策、历史资料统计分析, 并对数据进行显示、

编辑、存储、打印输出。

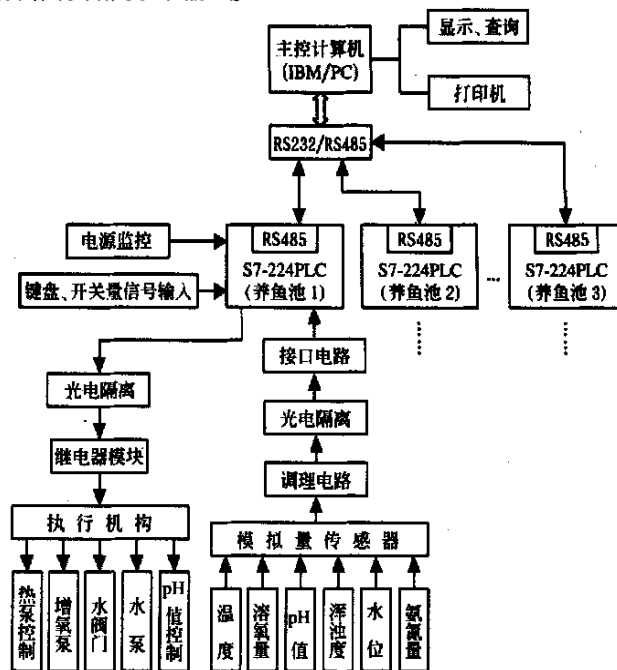


图 1 系统硬件结构

Fig 1 Structure of the hardware system

### 2.2 串行通信接口电路

PC 机的串行通信接口为 RS232。但 RS232 采用非平衡方式传输数据, 传输距离短(15 m)、速度慢(最高速率为 20 kbps 的点对点式串行二进制数据交换)、抗干扰能力差, 不适合于分散的多个养鱼池的单片机与主机之间远距离通信。而 RS485 收发器是采用平衡发送和差分接收来实现通信的, 广泛应用于总线结构, 因此具有抑制共模干扰的能力, 具有高的灵敏度, 能检测低至 200 mV 的电压, 故传输信号能在千米以外得到恢复<sup>[2]</sup>。

西门子 PLC 是一种模块化结构的小型的可编程控制器。我们选择带有一个 RS485 接口 S7-224 型, 采用西门子公司的 RS232/RS485 通信和编程合一电缆作为上下位机通讯的转换器, 串行通信接口如图 2 所示<sup>[4]</sup>。

收稿日期: 2002-07-11 修订日期: 2003-03-27

基金项目: 江苏省 2001 年科技攻关计划项目 (BE2001380)

作者简介: 刘星桥, 镇江市 江苏大学电气电信工程学院, 212013



图2 RS232/RS485 通讯转换

Fig 2 RS232/RS485 communication program

RS485 只需 2 根数据线 Transmitt Data (简称 TXD) 和 Received Data (简称 RXD) 来发送和接受数据, 但通讯双方不能同时发 (即只能采取半双工方式)。由于只有 2 根数据线而无硬件握手信号线, 要求采用软件握手的通讯方式来保持数据的同步。为保证通讯的安全性, 必须对传送的数据进行校验。采取的主要措施是: 把所发送的字节进行累加求和, 取其低 8 位后连同原发送的数据一起发送。接受方收到后, 同样对所接收的有效数据, 进行累加和取低 8 位处理, 并把处理结果与接受的检验字相比较。如果两者不相等, 就认为传输数据出错。对于检验到出错的数据采取放弃的措施, 并立即发送反馈信号给上位机要求重发数据。

### 2.3 传感器<sup>[2,3]</sup>

本着实用、经济、标准、耐用的选型原则, 本系统采用:

温度传感器: AD590 温度传感器, 供电电压 + 15 V。高阻电流源 (在 - 50 ~ 100 范围内) 以 1  $\mu$ A / 反应温度变化。

溶解氧传感器: LJ0-3 型溶解氧传感器; 350 ~ 750 mV 输出电压; 精度:  $\pm 1$  mg/L。

氨氮检测仪: WK-1 便携式水中氨氮检测仪, 输出电压 - 2 ~ + 2 V。

水位传感器: 全温度补偿低压力传感器; 恒流供电, 0 ~ 70 mV; 电压线性输出; 精度  $\pm 0.05\%$ 。

pH 值传感器: KS-2 型高稳低漂 pH 值传感器, 精度  $\pm 0.1$  pH; 输出电压 - 1 ~ + 1 V。

### 3 系统软件设计

系统软件包括上位机软件和下位机软件, 上位机软件采用 Microsoft Visual Basic 6.0 编写, 主要功能: 将各测试通道的上下报警和控制参数值、有关传感器补偿参数值等写入下位机, 再将各下位机中各测试参数数据取回并放入主机的数据库中; 对数据库进行数据整理、分析、各种曲线和报表的显示和打印等<sup>[5]</sup>。

下位机软件采用西门子 S7-224 PLC 编程语言编写, 并固化在其程序存储器中。主要功能: 读入各传感器的测量值, 并与其相应的上下限报警值进行比较, 再根据内部的控制算法对各控制设备进行开启和关闭的操作; 将测量数据存入内部的大容量带掉电保护的存储器中, 并自动将检测数据传入上位机。

#### 3.1 上位机软件

本着方便用户的原则, 采用人机交互方式, 下拉式菜单, 弹出式窗口, 热键操作, 错误屏蔽等技术, 最大限度方便用户操作<sup>[2]</sup>。

系统软件主要由 6 个模块组成, 即实时监测模块、系统参数设定模块、控制参数设定模块、数据处理模块、

帮助文件模块和文件管理模块。

主模块 (主窗口) 主要完成多任务系统的管理功能, 该窗口利用菜单进行任务选择, 使操作人员对整个管理系统一目了然, 其流程图如图 3 所示。



图3 系统软件主要窗口框图

Fig 3 Windows of the system software

实时监测模块可分别以表格和动态曲线的形式同时显示各养鱼池的温度、氨氮含量、溶解氧含量、pH 值、水位、浑浊度等数值, 完成养殖环境的实时监测。此模块定时从下位机接收各养鱼池的数据, 然后显示, 并可存盘。

系统参数设定模块完成一些系统运行所必需的、与硬件系统密切相关的、以及一般操作人员不必涉及的参数的设定, 如养鱼池的地址、通道的分配、定时器的定时参数及密码设定等。

控制参数设定模块完成向下位机传送控制参数的功能。

为使系统免受外来人员的干预, 避免因参数设定不当造成的损失, 软件采用了两级密码管理方式: 系统管理员密码和操作员密码。当用户选择“系统”或“控制”菜单下的任一菜单项时, 系统将首先进行密码检验, 密码正确方能进入相应的参数设定对话框。

数据存储和处理模块将下位机一天记录的数据整理成规范形式, 进行数据的存储、统计和打印。

帮助文件包括对系统的总体说明、使用指南, 并能提供联机帮助。

文件管理模块是公用模块, 由其它模块调用, 完成文件的打印和存档。

#### 3.2 下位机软件<sup>[8]</sup>

为了优化系统软件程序设计, 整个下位机系统软件结构选用模块化结构, 采用自上而下的方法, 主要包括: 数据采样模块、数据处理模块、实时控制模块、数据通讯模块和数据存储模块等子程序。其中主程序流程图如图 4<sup>[6]</sup>。

#### 3.3 上下位机通信软件设计

##### 3.3.1 上位机的通讯编程<sup>[8]</sup>

本文利用 VB 提供的通讯控件 M SComm 编写出所需的串行通信程序。M SComm 通讯控件提供了使用串行通信软件的细则, 它使用事件或查询方式来解决开发通信软件中遇到的问题。事件驱动是一种功能强大的处理方法。对事件发生的跟踪和处理在通信事件中是用 OnComm 来实行的, 它可以很方便地编制面向对象的命令传送、数据交换等应用程序。

在设计监控系统时, 我们以单主机方式运行。上位机站地址为 0, 下位机 S7-224 为从机, 从站地址为 1, 2,

3. 上位机可以利用通行电缆与下位机进行数据通信。

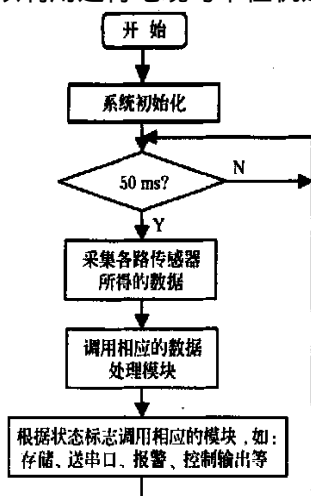


图4 下位机主控制程序框图

Fig 4 Flow chart of main control program of sub-computer

实现上位机与下位机多机通信步骤为:

#### 1) 初始化

(1) 用 Commport 属性设定通信端口。

(2) 用 settings 属性进行串口的参数设置, 依次为波特率, 奇偶校验, 数据位数, 停止数。

(3) 用 Inbutter 和 Outbutter size 属性进行接收和发送数据缓冲区的设置。

(4) 用 Portopen 属性打开串行口。

#### 2) 呼叫和发送

(1) 用 Output 属性发送地址码部分。

(2) 延时, 等待下位机应答: 若在限定时间内收到下位机正确应答信号, 则继续用 Output 属性发送数据。否则, 再次呼叫, 若仍无正确应答信号, 则报出错误信息。

#### 3.3.2 下位机 PLC 的通讯编程<sup>[7]</sup>

S7-224 型 PLC 通讯模式有两种: 一种是点对点 (PPD) 通讯协议, 另一种是对用户完全开放的自由端口模式 (free port mode) 由用户自行规定通讯的协议。本文采用自由端口通讯模式。在通讯之前通过 SMB 30 的协议选择区置 1 来实现对串口的初始化。对于数据发送, S7-224 型 PLC 的专用发送指令格式为 XMT TABLE, PORT。TABLE 为发送数据的字节数; 即数据长度, 最长为 255, 而原发送的数据必须存在 TABLE 的后面。发送指令 (XMT) 激活发送数据缓冲区 (TBL) 中的数据。数据缓冲区的第一个数据指明了所发送的字节数。PORT 指定了用于发送的端口。例如 TABLE 的存储区域为 VB200, 要发送“1, 2, 3, 4”四个字符, 存储格式如图 5 所示。通过产生中断或监视发送完成状态 SM 4.5 或 SM 4.6 的变化来判断是否发送完成。对于数据接收, S7-224 型 PLC 的专用接收指令格式为: RCV TABLE, PORT, 也可用单个字符中断接收数据。对于单个字符接收, 每次接收一个字符, 存放在 SMB 2 中, 且产生一次中断, 可以通过几次中断来完成一串数据的接收<sup>[9]</sup>。

VB200	VB201	VB202	VB203	VB204
4	1	2	3	4

图5 存储格式

Fig 5 Storage table model

## 4 应用结果

本系统主要针对水产养殖多环境因子 (温度、溶氧量、pH 值等) 的连续远距离自动集中监控, 该系统成功应用在镇江某水产养殖厂欧洲鳗鱼养殖中, 根据欧洲鳗鱼生长规律, 它适宜生长在水温 25℃, 水中溶氧量 7 mg/L, pH 值 7.5。通过一年来的试验和观测, 应用该系统, 在 25 m × 25 m 养鱼池中环境因子可长期保持在适宜生长条件下, 表 1 是 2002 年 8 月 18 日一天的温度、溶氧量、pH 值。可以看到温度等的变化比较稳定, 波动在 ±0.5 范围内, 溶氧量稳定为 ±0.4 mg/L, pH 值 ±0.3。

试验鱼池和原来鱼池在控制水中溶氧量方面比较。原来 25 m × 25 m 养鱼池, 是以 3 kW 电机拖带的增氧机全天额定转速满负荷运行; 为了保持试验鱼池中溶氧量在 7 mg/L 附近, 增氧机电机采用变频方式运行, 一天中电机平均转速约是额定转速的 80%。根据理论计算公式, 电机所用功率与电机的转速 3 次方成比例, 一年可节约电能为 13455.36 kW·h, 按照每千瓦小时电费 0.5 元, 一年可节约电费 6727.68 元。

试验鱼池和原来鱼池在养殖欧洲鳗鱼产量方面比较。原来鱼池每年产欧洲鳗鱼 18 kg/m<sup>2</sup>, 由于试验鱼池欧洲鳗鱼生长在适宜条件下, 每年产欧洲鳗鱼 28 kg/m<sup>2</sup>, 增产约 55.6%。

表1 温度、溶氧量、pH 值日变化 (2002-09-18)

Table 1 Daily change of temperature, dissolved-oxygen, and pH value (2002-09-18)

环境因子	时间													
	0	2:00	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	00	22:00
温度/℃	25.3	25.1	24.8	24.5	24.8	25.1	25.3	25.4	25.5	25.2	25.3	25.2	25.2	25.2
溶氧量 /mg·L <sup>-1</sup>	7.1	7.3	6.8	6.7	6.6	6.8	6.9	7.2	7.4	7.3	7.0	7.1	7.1	7.1
pH 值	7.8	7.7	7.5	7.4	7.3	7.2	7.4	7.6	7.4	7.7	7.8	7.4	7.4	7.4

## 5 结 论

水产养殖多环境因子监控系统通过一年的运行, 得到如下结论:

1) 采用了 Windows 和 VB 6.0 开发的中文系统软件, 人机界面友好, 直观, 形象, 操作简便。使操作人员一目了然。

2) 系统采用了分散控制, 集中管理的模式, 在各养鱼池中的下位机可为独立测控系统, 这样不但传感器和执行机构与 S7-224 控制系统之间的信号传输距离大大缩短, 而且, 一个下位机发生故障或连接上下位机的通

信线路发生故障时,都不会影响其它下位机的正常工作,故系统的可靠性高。

3) 上位机的智能管理功能被多台下位机共享,对下位机传输的温度、溶氧量、pH 值等实时信息可以进行优化分析处理,自适应的设置控制参数,使系统控制在最优状态。

4) 养鱼池中环境因子可长期稳定在适宜生长的条件下,节约电能,增加产量。

#### [参 考 文 献]

- [1] 李萍萍,毛罕平. 智能温室综合环境因子控制的技术效果及合理的参数研究[J]. 农业工程学报, 1998, 14(3): 197~201.
- [2] 潘天红,赵德安,全力,等. 水产养殖多环境因子的检测系统[J]. 渔业现代化 2001, (4): 28~ 31.
- [3] Wyban J A. Current and future use of instrumentation in

U. S aquiculture , would aquaculture[Z]. The Ocean Institute, Honolulu, 1990, 84~ 101.

- [4] 李季冬. 水产育苗温室监控系统与计算机连接的分析[J]. 上海水产大学学报, 1999, (9): 221~ 225.
- [5] 李中华. 一种新型监控软件设计方法[J]. 计算机应用, 1997, (3): 30~ 40.
- [6] 赵德安,刘星桥. 基于 PLC 的聚脂薄膜分切机放卷机张力自适应控制系统[J]. 电气传动, 2001, 1.
- [7] S7-200 Programmable controller system manual [M]. Siemens AG 1998, 8: 45~ 65.
- [8] Visual basic 6.0 developer's handbook [M]. Microsoft, 1998, 10, 123~ 226.
- [9] 刘星桥. 解决可编程控制器 I/O 口不足的方法[J]. 微型计算机应用, 2002, 5, 25~ 28.
- [10] Smith T E. Identifying fish biomass of research[J]. Sea Technology, 31(7): 43~ 47.

## Research on control system of aquiculture with multi-environmental factors

Liu Xingqiao, Zhao de'an, Quan Li, Pan Tianhong, Liu Guohai, Xue Wenping

(School of Electrical and Information Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

**Abstract:** The paper analyses status quo and some present problems of aquiculture in China, and then presents design methods of the supervision and control system with multi-environmental factors of aquiculture, which uses a PC as a host computer and some S7-224 programmable logic controller as secondary computers, and the system was successfully applied in industrialized production of eel. The test results proved, that the system was operated simply, had a good interface and had a high ratio of performance to price. It can realize realtime control over quantity of dissolved Oxygen in pond, and the value of temperature and pH, and make environmental factors stabilize in its optimum. The whole system can improve productivity remarkably, save power energy and provide a practicable measures for improving industrialized breeding in China.

**Key words:** aquiculture; multi-environmental factors; supervision and control system; communication programming