

# 齐口裂腹鱼养殖智能设施鱼池设计\*

邹志勇 许丽佳 康志亮 周曼 陈晓燕

(四川农业大学机电学院,雅安 625014)

**摘要:**设计了一种能模拟齐口裂腹鱼自然生长环境的智能设施鱼池。鱼池采用水泥结构,通过进排水、水质参数检测传感器、ZigBee网络实现鱼池微水流效果和水质参数智能监控。基于32位嵌入式微控制器和WinCE 6.0嵌入式操作系统设计出PDA形式的网关节点,并移植嵌入式SQLite数据库实现ZigBee网络现场管理,利用模糊神经网络算法对数据进行分析处理,得出控制指令,实现闭环控制。试验结果表明,ZigBee网络平均丢包率为0.52%,微水流流速误差控制在 $\pm 1.8$  cm/s范围内,温度误差控制在 $\pm 0.5$  °C范围内,溶解氧质量浓度误差控制在 $\pm 0.4$  mg/L范围内,pH值误差控制在 $\pm 0.3$ 范围内,智能设施鱼池各项水质参数完全满足齐口裂腹鱼养殖环境要求,网络化监控可适用于不同规模养殖厂。

**关键词:**齐口裂腹鱼 智能设施鱼池 ZigBee网络 网关节点 传感器

**中图分类号:** TP274+.5; S955 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)S0-0296-06

## 引言

齐口裂腹鱼是一种亚冷水性鱼类,其品质优良,肉质细嫩,肉味鲜美,富含不饱和脂肪酸,深受广大消费者喜爱。由于市场价格高,加之滥捕和生态环境的日益恶化,使得齐口裂腹鱼资源面临严重衰退,因此,四川省已把它列入省级保护动物。人工养殖是保护齐口裂腹鱼资源的一种有效手段,齐口裂腹鱼人工养殖可以在池塘、流水池、网箱中进行,其养殖特点主要体现在要求水质清新、水中溶解氧丰富、水温在15~22°C之间、pH值应略偏碱性且具有一定的微流水效果<sup>[1-6]</sup>。

近几年,针对水产养殖许多研究者提出了多种控制方式,史兵等<sup>[7-8]</sup>研究了工厂化水产养殖智能监控系统设计和基于无线传感网络的规模化水产养殖智能监控系统;黄建清等<sup>[9]</sup>研究了基于无线传感器网络的水产养殖水质监测系统;李慧等<sup>[10]</sup>研究了基于物联网Android平台的水产养殖远程监控系统;张小康等<sup>[11]</sup>研究了集中式深水网箱群鱼群活动状态远程监测系统;蒋建明等<sup>[12]</sup>研究了基于无线传感器网络的节能型水产养殖自动监控系统;陆卫忠等<sup>[13]</sup>研究了基于GPRS的水产养殖水质监控系统;郑荣进等<sup>[14]</sup>研究了基于可再生能源供热的设施水产养殖试验温室。这些控制方式主要实现了水质检

测及温度、溶解氧参数远程监控功能,但不能完全适合齐口裂腹鱼养殖系统。本文针对齐口裂腹鱼养殖特点,提出一种实现鱼池微水流效果和水质参数自动调节的智能设施鱼池,模拟齐口裂腹鱼自然生长环境。

## 1 总体设计

为实现微水流和水质参数自动调节,提出一种由水管、水泵、增氧机、电磁阀等构成的设施鱼池,并为此设施鱼池开发一个智能监控系统。

### 1.1 设施鱼池构造

为实现水质参数快速调节、精准控制及避免灾情时大面积交叉感染,池体积规格为9 m<sup>3</sup>,养殖厂根据其规模可由不同数量设施鱼池共同组成,设施鱼池结构简图如图1所示。

池四周水泥砖混结构,池底是水泥斜底,长×宽×高为3 m×2 m×1.5 m。池长面处一侧设有长×宽×高为1.5 m×0.03 m×1.2 m的辅助水箱。池进水口为管道分散注入式,进水管道分3排,上下平行排列,管道上开有直径为25 mm的小孔,进水通过水泵从辅助水箱抽入。出水口有2个,一个上出水口,其位高1 m,同样呈3排平行排列,管道上开有直径为25 mm的小孔,出水通过控制水泵、止回阀抽入辅助水箱,池出水管、进水管和辅助水箱一

收稿日期:2014-08-01 修回日期:2014-08-20

\*国家自然科学基金资助项目(51305402)和四川省教育厅重点资助项目(14ZA0005)

作者简介:邹志勇,讲师,主要从事农业电气化与自动化研究,E-mail: zouziyong111@163.com

通讯作者:许丽佳,教授,主要从事农业信息检测、模式识别理论与技术研究,E-mail: lijiaxu01@sohu.com

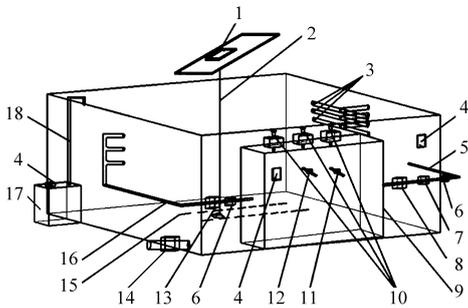


图1 设施鱼池结构简图

Fig.1 Structure sketch of facilities fishpond

1. 传感器节点 2. 支撑架 3. 水箱入水排水管 4. 控制节点
5. 水箱进水管 6. 止回阀 7. 流速传感器 8. 水箱入水水泵
9. 辅助水箱 10. 消毒液、pH值调节仓 11. 冷水管 12. 热水管
13. 水箱出水水泵 14. 排水排污口 15. 增氧管 16. 水箱出水管
17. 增氧机 18. 进氧管

起形成池中的微水流并实现水质调节。另一个下出水口为排水排污口,用于池污物的排放。在进、出水口安有拦鱼网,排水排污口安有栅栏以防养鱼逃逸。排水排污口位于池底部最低点,有利于养殖污物集中通过排水排污口排出。

在池左侧设有增氧机、进氧管,进氧管与位于池底的增氧管相连,增氧管上开有直径为15 mm的小孔。辅助水箱上安装有消毒液、pH值调节仓,并在辅助水箱左上角装有热水管、冷水管。

池中央有一根支撑架,在其上安装有温度传感器、pH值传感器、溶解氧传感器、水位传感器和 ZigBee 网络传感器节点,传感器定时采集池中的水质参数。

## 1.2 微水流实现与水质参数调节原理

辅助水箱入水水泵将池中的水抽入辅助水箱,辅助水箱出水水泵将辅助水箱中的水抽入池中,池中6排水管形成对流产生微水流效果。微水流调节根据流速检测值相应地调节水泵功率来实现。

当水中溶解氧量不足时,ZigBee 网络控制节点驱动增氧机工作,氧气通过增氧管进入池中,并使池中的溶解氧量均匀地增加。当池中 pH 值异常时,通过 ZigBee 网络控制节点驱动 pH 值调节仓下部的电磁阀开关加入酸或碱调节液,溶液在辅助水箱中与水相溶使其稀释以实现 pH 值调节,先稀释再抽入池内可对齐口裂腹鱼的影响降到最低。当水温变化超出设置时,ZigBee 网络控制节点通过控制冷、热水管的开闭实现水温调节,水温调节对 pH 值的影响通过预先调好辅助水箱中的 pH 值来调节,水温调节对溶解氧的影响通过控制增氧机工作来调节。消毒通过定时或手动操控完成,与 pH 值调节原理相似。当池中的水需要更换时,通过排水排污口结合水位检测实现。

## 1.3 智能监控系统设计

渔业养殖正朝着集约化、工厂化方向发展,具有养殖量大的特点,现代养殖厂一般由多个设施鱼池共同组成,因此,采用 ZigBee 网络技术进行设计。它是低能耗、低成本、低复杂度的无线网络通信技术<sup>[15-16]</sup>。智能监控系统由 ZigBee 网络、网关节点、远程监控中心、短信报警4部分组成,其结构如图2所示。

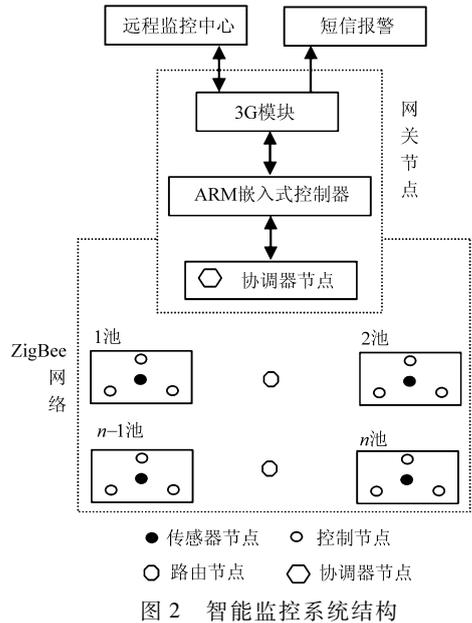


图2 智能监控系统结构

Fig.2 Structure of intelligent monitoring system

ZigBee 网络由传感器节点、控制节点、路由节点、协调器节点共同构成,每个鱼池安装1个传感器节点负责采集水质参数,3个控制节点用于驱动电磁阀、水泵、增氧机等实现微水流控制和水质参数调节;路由节点用于增加 ZigBee 网络传输距离;协调器节点集成在网关节点上,并通过串口与 ARM 嵌入式控制器通信。网关节点实现 ZigBee 网络现场管理,通过控制 3G 模块与远程监控中心相互通信及发送短信向管理者手机报警,选用 3G 网络有利于系统进一步做视频功能扩展。远程监控中心实现实时数据监测、数据存储和远程控制功能。

## 2 智能监控系统硬件设计

### 2.1 ZigBee 网络节点设计

传感器节点、控制节点、路由节点、协调器节点都采用遵循 ZigBee 协议的 CC2530 无线单片机为核心进行设计,它是 TI 公司研制的一种片上系统,结合了性能优越的 RF 收发器,业界标准的增强型 8051 CPU,具有出色的灵敏度和抗干扰能力,能够以非常低材料成本建立强大的网络节点,并具有不同功耗运行模式,可适应超低功耗要求的系统。

溶解氧传感器选用具有高稳定性的 PC-802 型溶

解氧电极,测量范围0~20 mg/L,使用温度0~80℃,测量误差±0.1 mg/L,响应时间3 min。pH传感器选用E-201-C型复合pH电极,测量范围0~14,使用温度0~60℃,测量精度±0.01,响应时间2 min。温度传感器选用优质不锈钢管封装的DS18B20型数字温度传感器,最高分辨率0.062 5℃,测量范围-55~125℃,数字接口传输使用方便可靠。水位传感器选用HC-SR04型超声波测距模块,精度高达0.3 cm,探测距离2~450 cm。流速传感器选用OKD-HZ21WA型霍尔流速传感器模块,流速检测范围1~40 cm/s。上述5种传感器性能指标完全满足系统需求。

传感器节点由CC2530无线单片机结合传感器信号调理电路设计而成。控制节点由CC2530无线单片机结合调节设备驱动电路设计而成。协调器节点、路由节点不需要外接传感器和调节设备,采用TI公司推荐的CC2530最小应用系统设计而成,电路简单可靠。

利用CC2530显著的低功耗特性并考虑传感器信号处理电路功耗,传感器节点采用12 V锂电池供电。控制节点、路由节点采用5 V干电池供电。协调器节点以模块的形式设计在网关节点电路板上,由网关节点供电。

## 2.2 网关节点设计

网关节点是ZigBee网络的现场管理者,并作为ZigBee网络与远程监控中心、管理者手机通信的桥梁,其控制器需要具有快速、强大的数据处理能力和丰富的硬件接口资源。因此,选用Samsung公司基于ARM11内核的32位嵌入式控制器S3C6410为核心进行设计,其主频667 MHz,包括TFT 24位真彩色液晶显示控制器、4通道串行通信接口、USB接口等。为提高电路设计的电磁兼容性和维护的方便性,采用核心板加底板及模块化的设计思路<sup>[17]</sup>。为实现使用的灵活性以PDA的形式呈现,其硬件结构如图3所示。

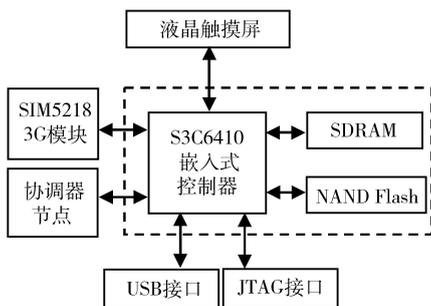


图3 网关节点硬件结构

Fig.3 Hardware structure of gateway nodes

核心板由S3C6410嵌入式控制器、2片K4X1G163PC-FGC6存储器构成256 MB容量的

SDRAM、2片K9GAG08U0E-S存储器构成4 GB容量的NAND Flash共同组成。

底板主要由电源模块、USB接口、JTAG接口、LCD接口、URAT接口组成。S3C6410嵌入式控制器的UART1接口与协调器节点的串口相连,实现与协调器节点相互通信。考虑到数据流量大小和提高网络适应性,3G模块选用具有WCDMA、HSDPA、GSM、GPRS多样网络模式的SIM5218模块,其与S3C6410嵌入式控制器的USB1接口相连,实现与Internet互联、管理者手机短信通信。为直观显示和方便操控选用AT070TN83V型7寸液晶触摸屏实现现场显示和触摸操控。

稳定的电源对网关节点的运行至关重要。网关节点通常安置在值班室,通过变压器将220 V市电降为稳定的12 V直流电作为网关节点的主电源,同时采用12 V的锂电池作为备用电源,以构成不间断电源,保证在断电情况下能正常运行。

## 3 智能监控系统软件设计

### 3.1 ZigBee网络节点程序设计

在TI公司Zstack-CC2530协议栈基础上进行二次应用开发,协议栈采用操作系统结构,通过事件轮询机制运行。开发环境采用IAR Embedded Workbench集成开发环境,用面向硬件操作的单片机C语言编程。设施鱼池是规则的长方体构造,养殖厂设施鱼池群也呈矩形结构,因此,ZigBee网络采用树状拓扑结构,相比星型拓扑结构功能完善、覆盖面积大,同时比网状拓扑结构复杂性低且易维护。

传感器节点需实现水质参数采集,路由节点实现数据转发,控制节点实现调节设备的控制,协调器节点发起组建ZigBee网络、汇聚网络数据并通过其串口传输给网关节点、转发控制指令,本文以传感器节点为例,介绍ZigBee网络节点程序设计方法。在Zstack协议栈的基础上通过添加任务的方式进行设计,传感器节点程序流程图如图4所示,从养鱼实际和降低节点能耗系统出发采用周期性地采集数据,采集周期为30 min,为简便、精准实现ZigBee网络同步,由协调器节点发出同步信息,传感器节点收到后将调整本节点系统时间,然后进入定时休眠模式,直到采集时间到唤醒节点,才开启新一轮的数据采集和传输工作。

### 3.2 网关节点程序设计

采用微软Platform Builder软件,根据网关节点的硬件结构,修改Samsung公司的BSP程序包,自行定制出WinCE 6.0图形化操作系统;数据管理使用体积小、快速高效、易于移植的嵌入式SQLite数据

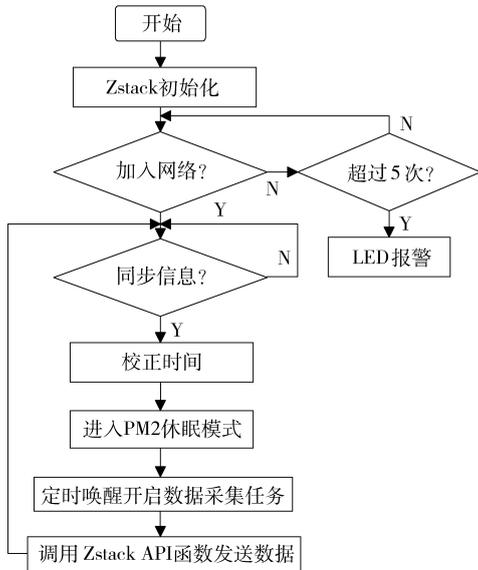


图4 传感器节点程序流程图

Fig. 4 Flow chart of sensor notes

库。基于 WinCE 6.0 系统开发出 ZigBee 网络现场管理应用程序和数据传输应用程序。

ZigBee 网络现场管理应用程序基于 RS232 串口通信、SQLite 数据库技术以对话框的形式进行设计。通过串口接收 ZigBee 网络的数据和下达控制指令,采集的数据存入 SQLite 数据库。利用模糊神经网络算法对水质参数实际采集值、系统设置值和历史数据进行分析处理得出控制指令,实现闭环控制<sup>[18-19]</sup>。

数据传输应用程序采用多线程编程策略,一个线程访问 SQLite 数据库,读取数据。一个线程用于编写基于 TCP/IP 协议的网络套接字程序,实现与远程监控中心通信。另一个线程用于向管理者手机发送报警短信。

### 3.3 远程监控中心程序设计

在远程监控计算机上利用 LabView 软件的数据Socket 服务器实现远程通信功能,使用 LabSQL 工具包调用、写入、删除和更改 Access 数据库实现数据记录和生成报表。远程监控界面如图 5 所示,主要包括实时监测、历史数据、参数设置、实时控制、报警、消毒 6 个模块。实时监测模块显示当前数据值,并以实时曲线的形式直观显示 24 h 监测数据。历史数据模块通过输入日期查看当天的各参数值。参数设置模块用于设置每个参数工作值。实时控制模块通过增大、减少按钮调节参数值。报警模块包括实时警报指示、警报历史查询。消毒模块通过消毒开关进行控制。

## 4 试验

### 4.1 试验条件与方法

按图 1 所示结构在养殖厂建造 4 个设施鱼池,

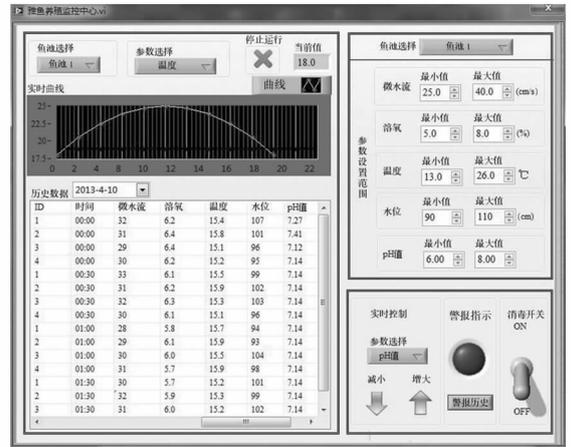


图5 远程监控界面

Fig. 5 Remote monitoring interface

4 个设施鱼池呈两行两列布局,行间隔 2 m,列间隔 100 m,安装 3 个路由节点,按图 2 所示构建智能监控系统,于 2013 年 4 月份进行系统试验,设施鱼池主要参数:设施鱼池尺寸 3 m × 2 m × 1.5 m,辅助水箱尺寸 1.5 m × 0.03 m × 1.2 m,水管材质 PVC,微水流孔直径 25 mm,增氧管孔直径 15 mm,进水泵功率 100 W,出水泵功率 50 W,增氧机功率 50 W。试验包括 ZigBee 网络、水质参数采集、水质参数调节精度,ZigBee 网络数据传输丢包率试验测试智能监控系统数据传输的稳定性和可靠性,水质参数采集试验测试智能监控系统水质参数采集的正确性,水质参数调节精度试验测试设施鱼池的监控效果。试验结束后对各种数据进行统计分析。

## 4.2 结果与分析

### 4.2.1 ZigBee 网络传输试验

采集 4 个设施鱼池的温度数据,采集周期设为 30 min,ZigBee 网络路由节点安置间隔为 40 m,ZigBee 节点发射功率设置为 4.5 dBm,测试周期为 30 d,从网关节点的数据库中导出数据,试验结果如表 1 所示,单个节点最大丢包率为 0.83%,整个 ZigBee 网络平均丢包率为 0.52%,表明数据传输稳定性、可靠性高,为进一步确保可靠性,网关节点指令采用应答式发送。

表 1 数据传输丢包率

Tab. 1 Loss packet rate of data transmission

鱼池号	发送数据包	网关节点接收数据包	丢包率/%
1	1 440	1 437	0.21
2	1 440	1 428	0.83
3	1 440	1 433	0.49
4	1 440	1 432	0.56
平均值	1 440	1 432.5	0.52

#### 4.2.2 水质参数采集试验

选择设施鱼池中溶解氧、pH 值数据为代表,进行水质参数采集试验。通过加入消氧剂亚硫酸钠和催化剂氯化钴改变池中溶解氧,通过加入石灰水和盐酸的方式调节池中 pH 值,对比的标准仪器选用高精度 LSDO-802 型溶氧仪、PHS-3C 型酸度计。从网关节点读取数据,试验结果如表 2 所示,溶解氧质量浓度在 3.15~9.44 mg/L 范围内变化,其最大相对误差为 2.9%,pH 值在 3.9~8.6 范围内变化,其最大相对误差为 3.6%,完全满足系统应用需求。

表 2 溶解氧和 pH 值测试数据

Tab.2 Dissolved oxygen and pH value test

溶解氧质量浓度/ (mg·L <sup>-1</sup> )		溶解氧质 量浓度相		pH 值	
标准 仪器	本系统	对误差/%	标准 仪器	本系统	相对 误差/%
3.15	3.22	2.2	3.9	3.82	2.1
3.63	3.69	1.6	4.2	4.05	3.6
4.11	4.02	2.2	5.7	5.65	0.9
5.14	5.22	1.6	6.1	5.94	2.6
5.91	5.78	2.2	6.6	6.53	1.1
6.64	6.45	2.9	7.1	6.98	1.7
7.42	7.25	2.3	7.6	7.49	1.5
8.25	8.12	1.6	7.8	7.84	0.5
9.44	9.25	2.0	8.6	8.62	0.2

#### 4.2.3 水质参数调节精度试验

在网关节点上通过 ZigBee 网络现场管理,应用程序设置水质参数为:微水流流速 32 cm/s,温度 20℃,溶解氧质量浓度 7.5 mg/L,pH 值 7.2。微水流流速调节通过控制水泵转速实现,水泵电动机转速是 2 800 r/min,变频器参数是 220 V/400 W。温度调节通过控制冷、热水管电磁阀实现。水中溶解氧通过继电器驱动增氧机进行调节,增氧机参数是 220 V/50 W。pH 值调节通过控制 pH 值调节仓的电磁阀实现。试验数据如表 3 所示,数据表明,24 h 内微水流流速误差控制在 ±1.8 cm/s 范围内,温度误差控制在 ±0.5℃ 范围内,溶解氧质量浓度误差控制在 ±0.4 mg/L 范围内,pH 值误差控制在 ±0.3 范围内,闭环控制精度完全满足实际运行的需求。

表 3 水质的微水流流速、温度、溶解氧质量浓度和 pH 值试验数据

Tab.3 Test data of micro flow, temperature, dissolved oxygen and pH value of water

时间/h	微水流流速/ (cm·s <sup>-1</sup> )	温度/ ℃	溶解氧质量浓 度/(mg·L <sup>-1</sup> )	pH 值
0	31.5	19.5	7.8	7.5
2	30.2	19.7	7.6	7.4
4	23.1	19.8	7.3	7.4
6	32.7	20.1	7.2	7.3
8	33.6	20.2	7.3	7.1
10	30.4	20.3	7.2	7.0
12	31.5	20.5	7.3	7.1
14	32.9	20.5	7.1	7.0
16	30.4	20.1	7.8	6.9
18	31.1	19.9	7.9	6.9
20	32.7	19.6	7.4	7.1
22	31.8	19.5	7.6	7.3
最大绝对误差	1.8	0.5	0.4	0.3

## 5 结论

(1) 针对齐口裂腹鱼生长环境特点,设计了一种智能设施鱼池,模拟出微水流并创造齐口裂腹鱼适宜的生长环境。

(2) 为设施鱼池开发出一个基于 ZigBee 网络技术的智能监控系统,ZigBee 网络实现温度、pH 值、溶解氧、水位、微水流流速检测,并控制继电器、变频器驱动电磁阀、增氧机、水泵实现水质参数调节。网关节点采用高性能的 ARM11 嵌入式控制器为核心进行设计并以 PDA 的形式呈现,结合液晶触摸屏操控可现场管理 ZigBee 网络,通过 3G 模块实现远程监控、短信报警功能。网络化监控可适用于不同规模养殖场。

(3) 试验结果表明系统测量准确、数据传输稳定可靠、控制精度高,水质参数检测最大相对误差为 3.6%,ZigBee 网络数据传输的平均丢包率为 0.52%,水质参数调节精度微水流流速误差控制在 ±1.8 cm/s 范围内,温度误差控制在 ±0.5℃ 范围内,溶解氧质量浓度误差控制在 ±0.4 mg/L 范围内,pH 值误差控制在 ±0.3 范围内,各项参数完全满足齐口裂腹鱼养殖环境需求。

## 参 考 文 献

- 李为学,张士罡.池塘循环微水流高产养鱼技术[J].福建农业,2012(11):35.
- 周礼敬,詹会祥,朱永久,等.内塘养殖四川裂腹鱼人工繁育试验报告[J].河北渔业,2012(2):37-40.
- 周礼敬,詹会祥,宴宏.四川裂腹鱼一龄鱼种培育技术[J].水产科技情报,2012,39(5):224-226.
- 陈永祥,胡思玉,赵海涛,等.乌江上游四川裂腹鱼和昆明裂腹鱼肌肉营养成分的分析[J].毕节学院学报,2009(8):67-69.  
Chen Yongxiang, Hu Siyu, Zhao Haitao, et al. Analysis of muscle nutritional components of *schizothorax kolzovi* and *schizothorax grahami* in upper reaches of Wujiang River[J]. Journal of Bijie University, 2009(8):67-69. (in Chinese)
- 范林君,李志琼,杜宗君.淡水养殖新品种——齐口裂腹鱼[J].特种经济动植物,2005,8(10):13-15.
- 孟立霞,张文华.齐口裂腹鱼人工养殖技术[J].中国水产,2011(5):40-41.

- 7 史兵,赵德安,刘星桥,等. 工厂化水产养殖智能监控系统设计[J]. 农业机械学报,2011,42(9):191-196.  
Shi Bing, Zhao Dean, Liu Xingqiao, et al. Design of intelligent monitoring system for aquaculture[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2011,42(9):191-196. (in Chinese)
- 8 史兵,赵德安,刘星桥,等. 基于无线传感网络的规模化水产养殖智能监控系统[J]. 农业工程学报,2011,27(9):136-139.  
Shi Bing, Zhao Dean, Liu Xingqiao, et al. Intelligent monitoring system for industrialized aquaculture based on wireless sensor network[J]. Transactions of the CSAE,2011,27(9):136-139. (in Chinese)
- 9 黄建清,王卫星,孙道宗,等. 基于无线传感器网络的水产养殖水质监测系统开发与试验[J]. 农业工程学报,2013,29(4):183-188.  
Huang Jianqing, Wang Weixing, Sun Daozong, et al. Development and test of aquacultural water quality monitoring system based on wireless sensor network[J]. Transactions of the CSAE,2013,29(4):183-188. (in Chinese)
- 10 李慧,刘星桥,李景,等. 基于物联网 Android 平台的水产养殖远程监控系统[J]. 农业工程学报,2013,29(14):175-179.  
Li Hui, Liu Xingqiao, Li Jing, et al. Aquiculture remote monitoring system based on IOT Android platform [J]. Transactions of the CSAE,2013,29(14):175-179. (in Chinese)
- 11 张小康,许肖梅,彭阳明,等. 集中式深水网箱群鱼群活动状态远程监测系统[J]. 农业机械学报,2012,43(6):178-182.  
Zhang Xiaokang, Xu Xiaomei, Peng Yangming, et al. Centralized remote monitoring system for bred fish in offshore aquaculture cage[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2012,43(6):178-182. (in Chinese)
- 12 蒋建明,史国栋,李正明,等. 基于无线传感器网络的节能型水产养殖自动监控系统[J]. 农业工程学报,2013,29(13):166-174.  
Jiang Jianming, Shi Guodong, Li Zhengming, et al. Energy-efficient automatic monitoring system of aquaculture based on WSN [J]. Transactions of the CSAE,2013,29(13):166-174. (in Chinese)
- 13 陆卫忠,付宝川,刘文亮,等. 基于 GPRS 的水产养殖水质监控系统的设计[J]. 仪器仪表学报,2007,28(1):163-165.  
Lu Weizhong, Fu Baochuan, Liu Wenliang, et al. Design of water quality monitoring system for aquiculture based on GPRS [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument,2007,28(1):163-165. (in Chinese)
- 14 郑荣进,孙文君,张建高,等. 基于可再生能源供热的设施水产养殖试验温室设计[J]. 农业工程学报,2011,27(10):218-221.  
Zheng Rongjin, Sun Wenjun, Zhang Jianguo, et al. Field test building design for controlled aquaculture based on renewable energy heating system [J]. Transactions of the CSAE,2011,27(10):218-221. (in Chinese)
- 15 Ropponen A, Linnavuo M. Low-frequency localization and identification system with ZigBee network [J]. International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems,2011,4(1):75-93.
- 16 Yang Huanjia, Yang Lili. Hybrid Zigbee RFID sensor network for human-itarian logistics centre management [J]. Journal of Network and Computer Applications,2011,3(4):938-948.
- 17 何东健,邹志勇,周曼. 果园环境参数远程检测 WSN 网关节点设计[J]. 农业机械学报,2010,41(6):182-186.  
He Dongjian, Zou Zhiyong, Zhou Man. Design of WSN gateway nodes for remote detection of orchards environment parameters [J]. Transactions of Chinese Society for Agricultural Machinery,2010,41(6):182-186. (in Chinese)
- 18 张素,刘宇,谢云芳. 基于遗传算法的模糊神经网络温室温度控制器[J]. 农机化研究,2009(10):165-168.
- 19 蒲兴成,曾凡海. 基于模糊神经网络算法的智能轮椅沿墙走行为研究[J]. 计算机工程与设计,2012(8):3200-3204.

## Intelligent Facilities Fishpond Design of Breeding *Schizothorax prenanti*

Zou Zhiyong Xu Lijia Kang Zhiliang Zhou Man Chen Xiaoyan

(College of Mechanical and Electronic, Sichuan Agricultural University, Yaan 625014, China)

**Abstract:** In order to simulate the natural growing environment of *Schizothorax prenanti* as well as come up with an intelligent facilities fishpond design, the fishponds achieved micro flow effect and intelligent monitoring of water quality parameters by taking use of concrete structure, combined with water pipe, water pump, solenoid valve, water quality parameters detection sensor and ZigBee network. Based on 32 bit embedded MCU and WinCE 6.0 embedded operating system, PDA form gateway nodes were designed. By transplanting embedded SQLite database on gateway nodes, ZigBee network site management was achieved. Control instruction was obtained through analyzing data with fuzzy neural network method, and then closed-loop control was achieved. Further experimental tests showed that average packets loss rate of ZigBee network was 0.52%, micro flow deviation was within the range of  $\pm 1.8$  cm/s, temperature deviation was within the range of  $\pm 0.5$  °C, dissolved oxygen deviation was within the range of  $\pm 0.4$  mg/L, pH value deviation was within the range of  $\pm 0.3$ . The water quality parameters completely meet the requirements of *Schizothorax prenanti* breeding environment; therefore network monitoring could be applied to breeding factories with different scales.

**Key words:** *Schizothorax prenanti* Intelligent facilities fishpond ZigBee network Gateway nodes Sensors