

深水网箱中鱼群与水质环境的安全监测系统

邵志文, 许肖梅*, 张小康, 涂星滨, 吴剑明

(厦门大学水声通信与海洋信息技术教育部重点实验室 福建 厦门 361005; 厦门大学海洋与地球学院 福建 厦门 361102)

摘要: 为了更好地开展渔业养殖中深水网箱中鱼群状态与水质环境的安全监测, 提出了一种深水网箱鱼群与水质环境安全远程监测系统。该系统使用声学方式对鱼群分布状况进行监测; 同时采用传感器对水质环境的温度、溶解氧、pH 值等进行监测, 监测结果通过无线数据传输方式实时传送至微处理器, 完成信号去噪、数据提取、显示及报警等。实验结果表明, 该监测系统性能稳定可靠。结合嵌入式控制技术与无线数据传输技术, 监测操作简便, 移动性好; 同时兼顾鱼群与水质环境安全, 监测更全面到位, 在推广深水网箱养殖安全配套设施上具有良好的应用前景。

关键词: 深水网箱; 鱼群; 水质环境; 声学监测; 远程监测

中图分类号: TP 733. 23

文献标志码: A

文章编号: 0438-0479(2016) 05-0749-05

深水网箱养殖是我国开发和利用海洋可持续水产养殖的重要方向, 日渐成为我国农业的支柱产业之一^[1]。深水网箱一般布放在离岸数千米外, 水深 15~40 m 的海域, 远离沿岸使得深水网箱养殖具有水体交换好、养殖容量大、集约化程度高等优势, 但同时也带来了一系列新的挑战: 恶劣的天气条件和多变的海洋环境威胁到水产养殖系统的安全及运行^[2-3]。依靠人工现场进行安全监测操作, 不仅成本高、难度大, 而且异常情况反馈往往不够及时。因此根据深水网箱所处环境条件的特殊性, 要进一步降低养殖风险, 提高养殖生产力, 就亟需构建配套的网箱鱼群安全监测设备。

针对深水网箱养殖中如网衣破损、鱼群逃逸等安全问题, 国内外专家和学者提出了声学警戒带、鱼群数量监测等方案。如我国水产科学研究院研制的高频、窄脉冲和分裂波束鱼群监测系统; 以及厦门大学研制的多波束深水网箱鱼群状态远程监测系统^[4-7]。但单独对鱼群的监测并无法全面掌控养殖过程中水质等其他安全要素。鱼群的生长与安全状态对生存环境有很强的依赖性, 如水温变化过大、缺氧等均会对鱼体造成过大应激反应, 影响其摄食、产卵等行为, 甚至导致鱼群死亡。因此, 深水网箱鱼群安全监测中除了对鱼

群状态及数量的监测外, 养殖中的水质环境监测也是不容忽视的重要环节。虽然养殖水质监测的工作也有大量研究^[8-9], 但大部分也只提取了水质的相关信息, 没能直观监测到鱼群状态。

本研究提出基于声学换能器以及测量水温、溶解氧、pH 等参数的多种传感器, 辅以嵌入式水声数据控制技术与远程无线数据传输技术, 构建深水网箱中鱼群与水质环境的安全监测与远程控制系统, 全面监控深水网箱中鱼群活动状态及其生存环境(如温度、深度、溶解氧、pH 值等), 为深水网箱养殖提供实时、有效的环境信息, 一旦发现安全隐患时, 可及时提醒用户采取补救措施, 大大提高养殖风险的防范能力。

1 系统结构设计

深水网箱鱼群与水质监测系统的总体框架如图 1 所示。

深水网箱监控系统根据功能和布置位置可分为感知层、传输层和用户层 3 个功能主体。感知层作为网箱监测端, 布放于海上深水网箱中现场采集数据, 一方面选用 200 kHz 的声脉冲调制信号对鱼群丰度和分

收稿日期: 2016-03-30 录用日期: 2016-07-22

基金项目: 国家海洋局海洋公益性行业科研专项(201505027-2)

* 通信作者: xmxu@xmu.edu.cn

引文格式: 邵志文, 许肖梅, 张小康, 等. 深水网箱中鱼群与水质环境的安全监测系统[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2016, 55(5): 749-753.

Citation: SHAO Z W, XU X M, ZHANG X K, et al. Environment security monitoring system for offshore caged fish and water quality[J]. Journal of Xiamen University(Natural Science), 2016, 55(5): 749-753. (in Chinese)



<http://jxmu.xmu.edu.cn>

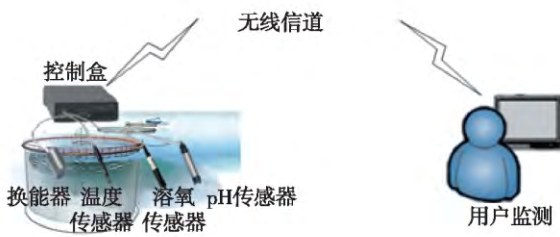


图1 深水网箱鱼群与水质环境安全监测系统结构框架

Fig.1 Structure diagram of monitoring system for fish and water quality

布进行监测,另一方面采用水质传感器对水温、溶解氧、酸碱度等水质环境参数进行监测;数据采集后通过无线数据传输模块实时传送至岸上便携式用户终端;用户层采用嵌入式微处理器配以7英寸(1英寸=2.54 cm)液晶触摸屏,完成监测结果的显示与储存,当出现鱼群量骤减,温度、溶氧、酸碱度超限等异常情况,自动启动报警功能。

2 感知层硬件设计

感知层布放在海上网箱现场,以STM32微控制器为核心,控制各路传感器进行深水网箱鱼群活动状态与水质环境监测。采用12V电源供电,由岸上用户便携式终端远程控制。图2是感知层的系统结构图。

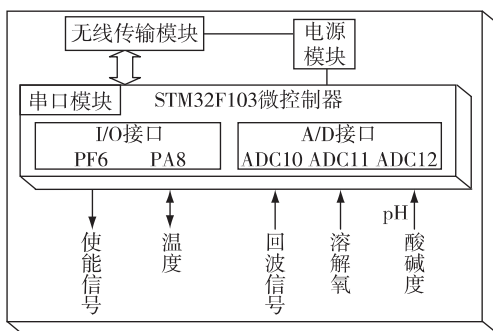


图2 感知层系统结构图

Fig.2 System architecture of the sensing layer

2.1 鱼群状态声学监测

鱼类作为养殖对象,鱼群活动状态是深水网箱监测的重点。目前,声学监测方式具有快速准确、覆盖面广、预报及时而又不损害鱼类资源等优点^[10],已被广泛应用于渔业资源的监测评估中。鱼类声学探测中选用38~400 kHz的中高频探测信号,脉冲宽度取0.2~1.0 ms,可获得较佳的探测距离和目标分辨率。系统中

采用的频率为200 kHz,脉冲宽为0.2 ms的短时脉冲调制信号。声探测信号的收发机制如图3所示,由STM32微控制器GPIOF_6管脚使能信号发生器,后通过功率放大器将探测信号幅度放大至600 V,以满足网箱大范围探测要求。接收到的鱼群反向散射信号相当微弱,且叠加了电路自身噪声与环境噪声,需将回波信号进行放大滤波等预处理。

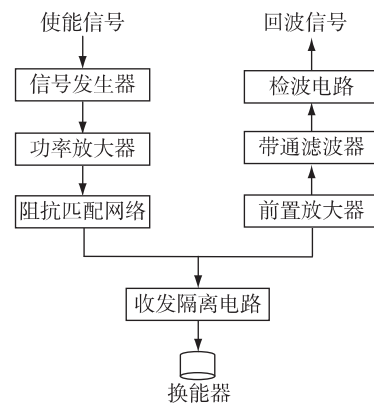


图3 声学探测收发结构框图

Fig.3 Structure diagram of acoustics transceiver

2.2 环境参数传感器监测

海洋水质环境具有多样性、多变性和偏僻分散等特点,而鱼类对水质环境变化非常敏感,少许的变化就可能引起鱼类的警觉,使鱼类暂时逃避或停止摄食。因此,海水水质环境是深水网箱养殖监测中的关键参数。本研究主要考虑的水质环境参数有:

1) 温度。系统中选用DALLAS半导体公司生产的DS18B20型智能温度传感器,这是一个数字温度采集传感器,可提供9~12 bit的摄氏温度测量精度。DS18B20采用单线通信即只需一根数据线与微控制器进行通信,无需其他外围电路即可测得温度数据,极大地减少了外围硬件电路的开销,读取和使用都很方便。测量温度范围为-55~125℃。

2) 溶解氧。本系统中选用北京博海科技DOB-300C型溶解氧传感器,其测量范围是0~20 mg/L,分辨率0.01 mg/L,工作温度范围:0~60℃。一般海水养殖需要的溶解氧是3~6 mg/L,故该传感器可满足测量范围。此款传感器是覆膜式电流式传感器,最大输出电流3.5 μA,因此需要在后续电路中添加信号调理电路,将信号转化为0~3.3 V输出,以便模数转换(AD)采样。

3) pH值。采用PHB-100T型pH值传感器进行深水网箱养殖区域的pH值监测,其测量范围为0~14,

精度为 0.02, 满足了对海水养殖 pH 变换范围及精度要求. 由于 pH 值传感器输出的信号幅度比较低, 同样需要添加信号调理电路与放大电路.

3 用户层数据处理与显示

用户层监控平台的开发是基于 ARM Cortex-M3 内核的 LPC1788 微控制器, 完成监测数据的接收、存储和各种相关数据、图像的处理与显示. 借助嵌入式图形用户界面系统框架设计简洁友好的人机界面, 界面元素主要包含文本、按钮和位图等. 用户层监测平台的系统框架与监控界面如图 4 所示. 用户层监控仪具备小体积、低功耗、高性能且低成本的优势, 结合无线传输, 可大大提高用户户外操作的机动性与灵活性.

系统工作流程: 首先通过 RS232 串口向网箱现场的监测平台发送相关操作指令, 接收到应答信号后进入接收状态, 接收来自各传感器监测到的鱼群状态与水质环境相关参数数据, 并将其直接存入存储设备中, 形成深水网箱养殖安全监测基础数据; 其次, 将接收到的原始数据进行数据预处理与分析, 完成电压值到参数实际值的转换以及鱼群回波信号的提取与积分, 并判断各参数值是否出现异常; 最后将获取到的信息以文本、图像形式显示在分辨率为 800×480 的 7 英寸液晶触摸屏上.

由于溶解氧、pH 值等水质参数传感器经过定期校准, 其测量误差较小, 故本文中的数据处理的重点是鱼群回波信号. 首先, 鱼群探测换能器接收到的声波除了来自鱼类的反向散射信号, 还包含背景噪声. 为抑制背景噪声干扰, 先在监测水域中进行水下背景噪声采集, 求其均值作为目标回波信号阈值门限.

另外, 当探测距离足够大时会接收到网衣反向散射回波, 若不剔除该回波, 同样会将其误判为鱼群回波, 进而影响鱼群状态判断. 为了实时识别网衣回波, 需将相邻脉冲探测到的位置结果进行比较判决. 根据网衣回波位置较远且基本不变的特性, 每一次脉冲探测中可以容易地鉴别出网衣回波, 进而避免误判.

回波强度图能直观反映鱼群活动状态, 系统将鱼群回波幅度值分为 256 个等级, 分别对应蓝色与红色间 256 种色彩级别, 蓝色代表强度等级为 0, 红色代表强度等级为 255. 每次探测到的数据按该方式自左向右显示在屏幕上实时刷新, 形成回声强度图.

水中温度、溶解氧含量、pH 值的监测结果直接以文本字符形式显示, 同时根据养殖鱼类生存对水质环境的要求, 对这些参数值安全范围设限, 溶解氧含量低于 3 mg/L, pH 低于 6.5 或高于 9 时, 便携式用户监控终端以 LED 灯闪烁的方式发出警报. 不同养殖鱼类对水温的容忍度差异较大, 水温的设限需根据养殖对象来确定.

4 实验结果与讨论

本课题组于 2015 年 5 月 13 日在福建平海湾海域不同位置进行定点水下实验, 该实验区无深水网箱养殖. 将 DS18B20 水温探头和水声学换能器置于海水表层中, 换能器垂直向下探测. 测得当日午后海水表层温度在 21.4 °C 左右, 不同测点位置水深不同, 声探测结果如图 5 所示.

在无网箱养殖情况下, 水体中无目标物, 接收换能器仅接收到海底的强回波. 可以发现: 在测点 1 中, 换能器距离海底 12 m; 测点 2 中, 从监测开始, 随着换

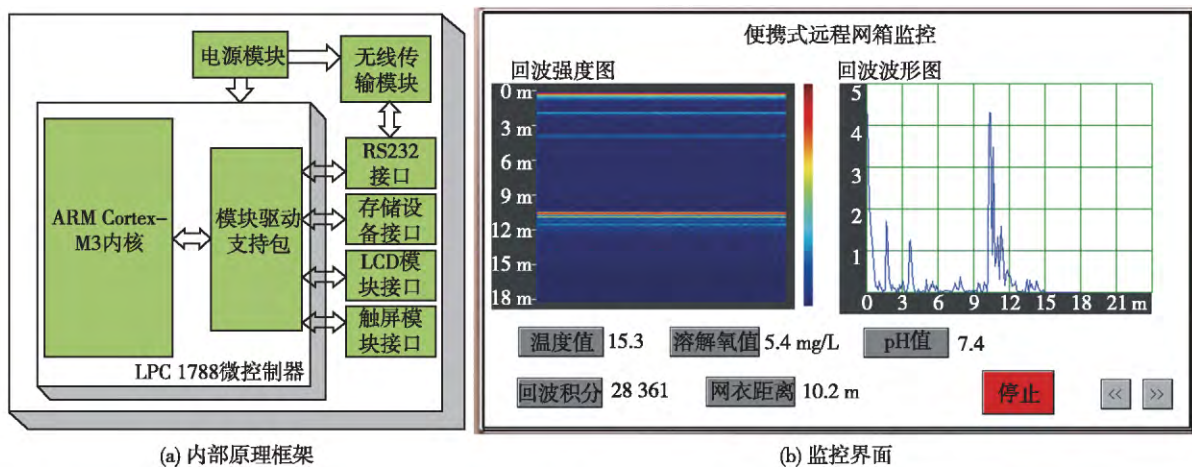


图 4 用户监测终端内部原理框架与监控界面

Fig. 4 Internal principle diagram and display interface of user monitoring terminal

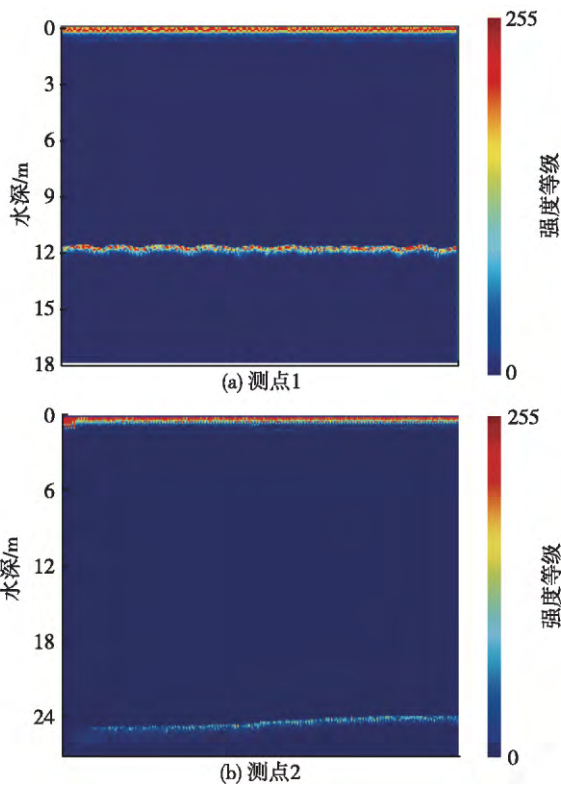


图5 平海湾海域声学监测结果
Fig. 5 Result of acoustic detection at Pinghai Bay

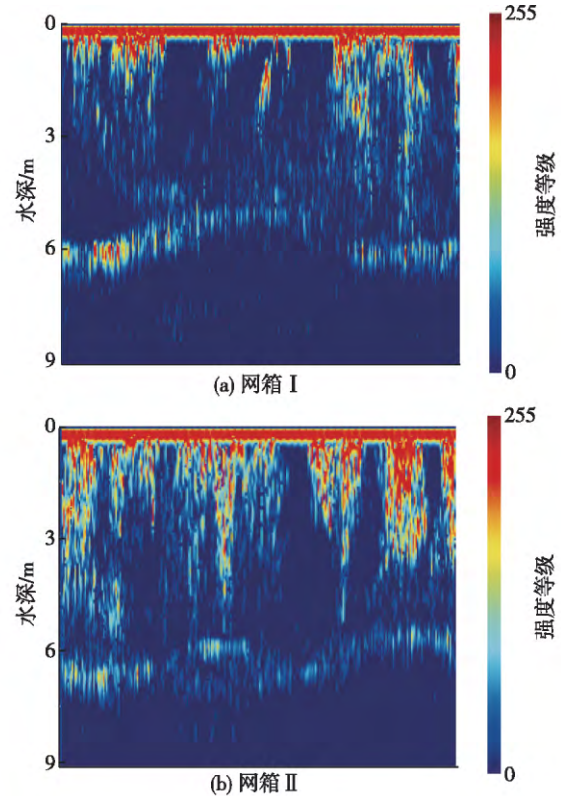


图6 深水网箱鱼群声学监测结果
Fig. 6 Detecting images of two offshore fish cages

能器缓慢从水面上置入水中,回波从无到有,且测得换能器与海底的距离由24.6 m逐渐减小并稳定在23.4 m.

本课题组还在泉州围头港海域的深水网箱养殖现场进行了网箱监测,网箱为直径约12 m,高度6 m的圆柱体,网箱养殖的真鲷(*Paqrus major*)个体长度分布在20~30 cm之间,个体质量约为1 kg,其中网箱I内真鲷约有1 000尾,网箱II内约有1 600尾.换能器置于网箱内部,根据网箱空间尺寸,设置声探测距离为9 m,监测结果如图6所示.

从图像的密度分布和颜色变化可以很直观地看出网箱内部鱼群的空间分布情况和鱼群量的大小.在深水网箱内,回波强度变化显著,鱼群状态活跃.网箱I中鱼群量较少,回波图像相对稀疏,回波强度小;网箱II回波图像密集,回波强度大.但由于200 kHz频率的换能器指向性尖锐,风浪、潮流等将引起接收换能器的摆动,同时高密度鱼群将遮挡网衣回波信号,这些因素都会使网衣回波信号变弱,甚至接收不到.

图7是近24 h水质环境监测结果曲线,可以看出:该段时间内,各水质指标均在正常范围内小幅度波动.水温波动范围为13.6~16.0 ℃,溶解氧水平维持在5 mg/L左右,pH值也相对稳定保持在7~8之间.

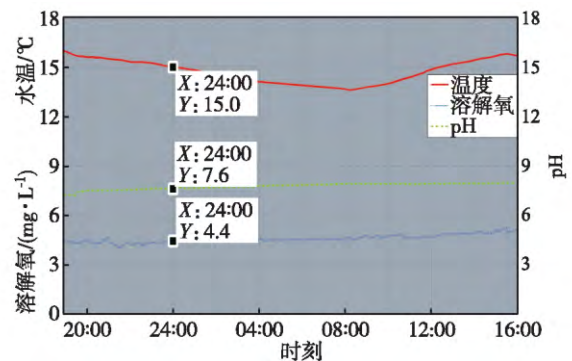


图7 水质环境监测结果
Fig. 7 Result of water quality environmental monitoring

实验结果表明,该系统能够实时、可靠地完成深水网箱中鱼群与水质环境数据的采集、传送以及显示,而且系统人机界面友好、操作简便、信息显示清晰明确.与传统监测方法相比,该系统具有如下优点:安全监测更全面到位,对深水网箱安全监测不仅考虑鱼群分布与丰度,而且也兼顾水质环境的监测;监测工作更灵活,系统结合无线传输技术与嵌入式技术,克服了电缆长度有限、监控机身庞大、耗电大等问题,大大提高了户外监测操作的机动性.这对降低养殖风险,

<http://jxmu.xmu.edu.cn>

提高养殖效率 实现深水网箱安全健康养殖具有重要意义.

参考文献:

- [1] 汤云峰,黄照花.网箱养殖实时监测系统设计[J].渔业现代化,2007(3):13-14.
- [2] SHAINEE M,ELLINGSEN H,LEIRA B J,et al.Design theory in offshore fish cage designing [J]. Aquaculture, 2013,392:134-141.
- [3] 郭根喜.我国深水网箱养殖产业化发展存在的问题与基本对策[J].南方水产科学,2006,2(1):66-70.
- [4] 王润田,陈晶晶,龚剑彬.深水网箱养殖中的声学监测问题探讨[J].渔业现代化,2012(3):19-22.
- [5] 刘丽珍,石晓天.深水抗风浪网箱监测系统研制方案的探讨[J].海洋渔业,2007,29(1):90-94.
- [6] 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.
- [7] SIMBEYE D S,ZHAO J,YANG S.Design and deployment of wireless sensor networks for aquaculture monitoring and control based on virtual instruments [J].Computers and Electronics in Agriculture,2014,102:31-42.
- [8] HARUN A,NDZI D L,RAMLIL M F,et al.Signal propagation in aquaculture environment for wireless sensor network applications [J].Progress in Electromagnetics Research,2012,131:477-494.
- [9] ZHU X,LI D,HE D,et al.A remote wireless system for water quality online monitoring in intensive fish culture [J].Computers and Electronics in Agriculture,2010,71:S3-S9.
- [10] 陈刚,陈卫忠.渔业资源评估中声学方法的应用[J].上海水产大学学报,2003,12(1):40-44.

Environment Security Monitoring System for Offshore Caged Fish and Water Quality

SHAO Zhiwen, XU Xiaomei*, ZHANG Xiaokang, TU Xingbin, WU Jianming

(Key Laboratory of Underwater Acoustic Communication and Marine Information Technology, Ministry of Education, Xiamen University, Xiamen 361005, China; School of Ocean & Earth, Xiamen University, Xiamen 361102, China)

Abstract: Environment monitoring of fish activity state and water quality is the key to offshore cage safety management. A remote monitoring system for offshore caged fish and water quality is developed in the research. The fish distribution and abundance are monitored strategically using acoustic transducers in the system. Meanwhile, some parameters of water quality are obtained using various sensors, such as temperature sensor, dissolved oxygen sensor and pH sensor. Then the collected data are sent to the user monitor terminal in real time through wireless transmission module. Finally, the results are displayed on a 7-inch liquid crystal display screen (LCD) after data processing. The experiment has been conducted to verify the excellent performance of this system. Combined with embedded control technology and wireless data transmission technology, the flexibility and mobility are improved significantly. Besides, both fish activity and water quality are taken into account, making the monitoring more comprehensive. The results suggest that the system has good application prospects.

Key words: offshore cage; fish; water quality environment; acoustic monitoring; remote monitoring