

江苏高校优势学科建设工程项目(PAPD,NO.6-2011)资助出版

刘星桥 赵德安 著

水产养殖数字化监测与控制 关键技术研究及其应用



SHUICHAN YANGZHI SHUZHUA JIANCE YU KONGZHI
GUANJIAN JISHU YANJIU JIQI YINGYONG

 江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

刘星桥 赵德安 著

水产养殖数字化监测与控制 关键技术研究及其应用

SHUICHAN YANGZHI SHUZHUA JIANCE YU KONGZHI
GUANJIAN JISHU YANJIU JIQI YINGYONG

 江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS
镇江

图书在版编目(CIP)数据

水产养殖数字化监测与控制关键技术研究及其应用 /
刘星桥, 赵德安著. —镇江: 江苏大学出版社, 2014. 3
ISBN 978-7-81130-686-6

I. ①水… II. ①刘… ②赵… III. ①水产养殖—数
字化—监测②水产养殖—数字化—控制 IV. ①S96-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 033597 号

水产养殖数字化监测与控制关键技术研究及其应用

著 者/刘星桥 赵德安

策划编辑/成 华

责任编辑/张小琴

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)

电 话/0511-84446464(传真)

网 址/http://press. ujs. edu. cn

排 版/镇江文苑制版印刷有限责任公司

印 刷/句容市排印厂

经 销/江苏省新华书店

开 本/718 mm×1 000 mm 1/16

印 张/12. 75

字 数/235 千字

版 次/2014 年 3 月第 1 版 2014 年 3 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 978-7-81130-686-6

定 价/36. 00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

序

近年来,我国水产养殖业蓬勃发展,已逐步从传统的粗放型养殖向工厂化、自动化和数字化方向发展。水产养殖数字化监测与控制将是未来水产养殖的必然趋势。作者于十多年的研究和实际工作中,在江苏高校优势学科建设工程项目(PAPD,NO. 6—2011)、江苏省“十五”农业攻关项目“水产工厂化养殖多环境因子的智能控制”(BE2001380)、江苏省“十一五”工业科技攻关项目“总线化智能多参数高精度检测及控制仪表开发”(BE2006090)、江苏省“十二五”农业支撑项目“水产生态健康设施养殖信息管理技术系统研发”(BE2013402)等的资助下,重点对水产养殖数字化监测与控制系统中的水质多参数智能检测与控制、水产养殖无线传感器检测网络的体系结构与通信协议、监控设备之间数字通信方式、基于鱼类重要因子溶解氧为顶事件的监控系统可靠性分析、基于数字图像处理技术对鱼体状况监视和预报等关键技术进行研究和技术应用。

本书2~3章进行了浊度、溶解氧、pH值、温度、亚硝酸盐、盐度等多参数智能检测与溶解氧控制技术的研究,分析了市场上水质传感器和测控仪表存在的不足,经过实验和分析对比,提出了采用LED光源和硅光电池接收器来设计新型浊度传感器探头,增强了该探头的灵敏度和稳定性;对溶解氧测量数据处理方法提出了进行多因子自动补偿,提高了溶解氧测量的精度;对水产养殖鱼池建立了基于变频调速方式的增氧数学模型,采用模糊自整定PID控制算法和现代变频控制技术,自动调节水中溶解氧含量。为了满足不同用户的要求,能够迅速组建数字化数据采集、监控网络,对下位单片机多参数智能检测与控制仪表进行了CAN,PROFIBUS总线接口硬件和软

件的设计。

第4章在分析现有的无线传感器网络的体系结构和通信协议的基础上,针对不同水产养殖场水质与环境监控指标、节点数量与分布位置差异大的问题,构建了水产养殖无线传感器树状网络拓扑结构、链状网络拓扑结构和面对较大范围水产养殖场的混合型无线传感网络拓扑结构,并且在研究混合型无线传感网络拓扑结构工作过程和通信协议的基础上,提出了新增传感器节点在无线传感器网络中的定位和自组织方法。对无线传感器检测网络节能问题进行了研究,提出了传感器网络中路由器能量的解决方法 and 无线传感器节点的节能方法,并给出了传感器节点和汇聚节点的主程序设计。

第5章为基于鱼类重要因子溶解氧为顶事件的监控系统可靠性研究。以溶解氧超限为重要故障事件,建立了溶解氧超限的故障树和故障数学方程,采用故障树方法来进行水产养殖监控系统故障分析、故障预测和诊断,找出监控系统软硬件的薄弱环节,提出了提高监控系统可靠性的方法,实现系统设计的最优化,以保证水产养殖的监控系统正常进行。

第6章采用数字图像处理技术对鱼体状况监视和预报的研究。利用计算机图像处理技术,远距离监视池塘现场的情况,经过对拍摄鱼类图像进行多种数字图像方法处理和分析,提出了计算不适鱼类在鱼池漂浮面积以及鱼的游动速度的数学公式,实现对养殖现场中鱼类的生长状况进行实时监控,当鱼类出现不适或死亡时,能够及时报警。

第7章中研制开发了一种基于物联网 Android 平台的智能手机水产养殖远程监控系统,实现了对多传感器节点的信息(pH 值、温度、水位、溶解氧等环境参数)远程采集和数据存储功能,实现了对多控制节点的远程控制。系统不受时间地域限制,用户可以在任何具备网络覆盖的地方从手机上浏览并获取数据,将数据从数据库中导出到用户的 SD 卡上,以 TXT 格式存储,系统多手机用户客户端可以共享一台服务器,具有很高的性价比。

第8章进行了水产养殖数字化监控系统两层通信网络构成的设计。下层网络是以多个单片机测控仪表作为现场鱼池下位机,与现场上位监控计算机

通过 CAN/PROFIBUS/MODBUS/RS-485 现场总线连接通信;上层网络是以现场上位监控计算机和远程监控计算机采用移动 GPRS 无线通信技术和互联网技术进行远程监控通信,在远程和现场监控的两台计算机上设计了功能丰富的监控组态软件,实现了远程水产养殖多参数采集和监控。

水产养殖是一个复杂的系统,水产养殖数字化监控系统技术涉及面广、融合度高、综合性强,水产养殖技术集成创新是新的课题,许多问题尚需深入研究。

本书在写作过程中,秦云、赵不赟、孙月平、李康吉、王东宏等老师提供了很多有价值的研究素材,硕士研究生季峰、崇庆峰、孙立香参与了第 2 章多参数智能检测的研究和试验,硕士研究生林雅娇、朱成云、张香梅、梁修文参与了第 3 章总线接口硬软件的研究和试验,博士研究生宦娟和硕士研究生李成春、徐晨虎、桂芬参与了第 4 章无线传感器网络测控系统的研究和试验,博士研究生李慧参与了第 7 章智能手机水产养殖远程监控系统的撰写并提供了相关的控制程序,硕士研究生孙飞飞、张美香、冯佩云、许洁、陈海磊、管云霞、徐晓峰、陈浩凯、陈元参与了全书的校对和绘图,这里一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中内容和观点定有不足、不妥之处,诚恳同行和读者不吝指正。

目 录

1 绪 论

1.1 水产养殖数字化监测与控制国内外发展状况	001
1.1.1 水质多参数监测与控制技术的发展状况	001
1.1.2 基于有线、无线传感器监测网络的发展状况	002
1.1.3 水产养殖分布式控制系统的发展状况	004
1.1.4 水产健康养殖过程精细管理决策系统的发展状况	005
1.1.5 水产生态养殖主要模式发展现状	005
1.1.6 水产养殖专家系统的发展状况	007
1.2 水产养殖数字化监测与控制系统关键技术研究	007
1.2.1 水产养殖水质多参数无线采集技术的研究	007
1.2.2 基于鱼类重要因子溶解氧为顶事件的监控系统可靠性 研究	007
1.2.3 水产养殖数字化分布式监控系统的研究	008
1.2.4 采用图像处理技术对鱼体状况监视和预报研究	008
1.3 本书研究的目的和意义	008
1.4 本章小结	009

2 下位单片机多参数智能检测与控制技术研究

2.1 引言	010
2.2 下位单片机智能检测与控制的原理	011
2.3 新型水质浊度传感器探头设计和浊度检测技术研究	011
2.3.1 新型浊度传感器探头设计	012
2.3.2 基于 LED 光源和硅光电接收器件浊度值理论算法	013
2.3.3 新型浊度传感器微弱小电流调理电路的设计	014
2.3.4 浊度测量中温度自动补偿技术的研究	015
2.4 多因子自动补偿溶解氧智能检测方法研究	016

2.4.1	溶解氧测量原理和调理电路设计	016
2.4.2	温度对溶解氧的影响和自动补偿检测技术	017
2.4.3	盐度对溶解氧的影响和自动补偿检测技术	020
2.4.4	大气压力对溶解氧的影响和自动补偿检测技术	020
2.4.5	多因子自动补偿溶解氧检测方法	021
2.5	溶解氧智能控制技术	021
2.5.1	水产养殖鱼池基于变频调速方式的增氧数学模型	022
2.5.2	基于模糊自整定 PID 参数的溶解氧变频智能控制技术	025
2.5.3	基于变频控制溶解氧技术节能研究	027
2.6	pH 值传感器调理电路的设计	028
2.6.1	pH 值测量算法	028
2.6.2	pH 值检测技术	030
2.7	温度的检测	031
2.8	亚硝酸盐的检测	034
2.8.1	亚硝酸盐传感器检测电路设计	034
2.8.2	亚硝酸根离子质量分数检测数据标定拟合	036
2.9	盐度传感器调理电路的设计	037
2.9.1	盐度值检测电路	038
2.9.2	盐度检测数据拟合算法	041
2.10	单片机测控仪表软件和硬件设计	043
2.10.1	微处理器硬件连接	043
2.10.2	检测主程序设计	044
2.10.3	键盘和 LCD 显示	044
2.10.4	A/D 转换程序模块	045
2.11	单片机测控仪表检测结果	046
2.11.1	盐度和 pH 值测试结果	046
2.11.2	溶解氧监控效果	047
2.11.3	下位单片机测量浊度和温度测试结果	047
2.12	本章小结	049

3 测控仪表的 CAN 和 PROFIBUS 现场总线通信接口设计

3.1	引言	050
-----	----------	-----

3.2	多参数智能检测与控制仪表 CAN 总线通信设计	050
3.2.1	CAN 总线的特点	050
3.2.2	CAN 总线协议	051
3.2.3	多参数智能检测仪 CAN 总线系统结构框图	054
3.2.4	CAN 总线收发器硬件电路设计	055
3.2.5	C8051F040 CAN 通信程序设计	056
3.2.6	LPC2292 的 CAN 通信程序设计	063
3.2.7	系统通信规约	066
3.2.8	实验结果分析	067
3.3	多参数智能检测与控仪表 PROFIBUS 总线通信设计	068
3.3.1	多参数智能检测仪 PROFIBUS 总线系统设计框图	068
3.3.2	测控仪表 PROFIBUS 接口硬件设计	069
3.3.3	测控仪表 PROFIBUS 接口软件设计	073
3.3.4	基于总线通信计算机监控系统设计	075
3.3.5	基于总线通信监控系统实验结果分析	076
3.4	本章小结	077
4	水产养殖无线传感器检测网络的研究	
4.1	引言	078
4.2	无线传感器网络的体系结构和通信协议	078
4.2.1	传感器节点的硬件结构	078
4.2.2	传感器网络的体系结构	079
4.2.3	无线传感器网络的协议	079
4.3	水产养殖无线传感器网络体系结构设计	080
4.3.1	对单个鱼池的无线传感器星型网络拓扑结构设计	080
4.3.2	对多个鱼池的无线传感器树状网络拓扑结构设计	082
4.3.3	对特长条形鱼池的无线传感器链状网络拓扑结构设计	083
4.3.4	大范围、远距离的养殖鱼塘无线混合型网络拓扑结构 设计	085
4.4	水产养殖无线传感器网络通信协议研究	086
4.4.1	水产养殖无线传感器网络通信协议选择	086

4.4.2	基于星型拓扑结构的 TDMA 时隙分配	087
4.4.3	基于星型拓扑结构的网络工作模式设计	087
4.5	新增传感器节点在无线传感器网络中定位研究	089
4.5.1	基于 RSSI 接收信号强度的新增传感器节点定位方法	089
4.5.2	基于包络线的新增传感器节点近似定位方法	091
4.6	水产养殖无线传感器网络中自组织和冗余技术研究	094
4.7	水质多参数无线传感器检测网络节能问题研究	095
4.8	无线传感器网络监测结果	097
4.9	本章小结	099
5	基于鱼类重要因子溶解氧为顶事件的监控系统可靠性研究	
5.1	引言	100
5.2	水产养殖监控系统硬件结构和工作原理	100
5.3	故障树分析技术在水产养殖监控系统可靠性设计中的应用	101
5.4	提高水产养殖监控系统可靠性的若干措施	105
5.4.1	水产养殖下位单片机的可靠性设计	105
5.4.2	水产养殖上位监控计算机的可靠性设计	107
5.5	本章小结	107
6	采用图像处理技术对鱼体状况监视和预报研究	
6.1	引言	108
6.2	水产养殖计算机图像处理系统硬件构成	108
6.3	水产养殖数字图像处理方法研究	109
6.3.1	设计的主体思想	109
6.3.2	图像的文件格式	110
6.3.3	图像的灰度化	111
6.3.4	图像的中值滤波处理	112
6.3.5	灰度图像的二值化	113
6.3.6	图像二值形态学处理	114
6.3.7	基于区域矩特征计算不适漂浮鱼体面积	117

6.4	健康状况下降不适鱼体与健康状况良好鱼体图像处理比较	118
6.5	鱼类游动速度测量方法研究	119
6.5.1	固定摄像区域的不适单条鱼漂浮游动速度测量方法	119
6.5.2	不固定摄像区域的不适单条鱼漂浮游动相对速度测量方法	121
6.5.3	单条鱼在水中的游动相对速度测量方法	121
6.5.4	基于鱼的游动速度对鱼体的不适和活跃性状况判断	123
6.6	本章小结	124
7	基于 Android 智能手机的水产养殖远程监控系统	
7.1	引言	125
7.2	智能手机监控系统方案设计	125
7.3	Android 监控系统客户端设计	126
7.3.1	Android 客户端架构	126
7.3.2	Android 客户端界面设计	127
7.3.3	Android 客户端主流程设计	128
7.3.4	Android 客户端数据存取模块设计	129
7.3.5	Android 客户端通信模块设计	130
7.3.6	Android 客户端数据处理模块	130
7.3.7	Android 智能手机动态曲线绘制模块	131
7.4	智能手机监控系统服务器监控平台	132
7.5	Android 智能手机监控系统试验与结果分析	133
7.6	本章小结	134
8	上位机和远程监控计算机系统设计	
8.1	引言	135
8.2	上位机和远程监控计算机系统的结构框图	135
8.3	采用 GPRS 无线通信和互联网技术上位机与远程计算机通信设计	136
8.4	现场上位机组态监控软件的设计	138
8.5	上位机和远程多参数智能监控实验结果	141

8.6	有线单片机测控仪、上位机和远程计算机检测数据实验结果	143
8.7	无线传感器网络测控仪、上位机和远程计算机检测数据结果	145
8.8	本章小结	146
9	结论和展望	
9.1	结论	147
9.2	展望	149
	参考文献	150
	附录	
	基于 Android 平台智能手机水产养殖远程监控系统程序及说明	160

1 绪 论

1.1 水产养殖数字化监测与控制国内外发展状况

我国是世界上的水产大国,自 1990 年起,我国水产品总产量已连续 22 年固守世界榜首地位,2012 年我国水产品总产量达 5 906 万吨,成为世界上唯一的养殖产量超过捕捞产量的国家^[1]。目前,我国水产养殖量已占全世界水产养殖总产量的 70% 左右,水产养殖收入占世界的近 60%,成为名副其实的水产养殖大国。但是与国际上先进国家相比,我国水产养殖数字化监测与控制技术还比较落后^[2-3],导致我国水产业的单位水面产量、饵料投入/产出率、名特优水产品的生产能力、水产健康养殖水平都还偏低^[4],水产从业人员的收入不高。因此,亟须依托先进科学技术,开展水产养殖数字化监测与控制系统关键技术的研究与应用工作,促进水产品的高效健康养殖和可持续发展。

1.1.1 水质多参数监测与控制技术的发展状况

水质参数检测与调控的好坏直接关系到水产养殖整体功能的发挥^[5]。过去,一般只有流速、水温和溶解氧 3 项参数^[6]。现在增加了 pH 值、氧化还原电位 ORP、盐度、氨氮等^[7]。通过电脑控制传感装置收集和分析有关水质参数,并利用相应的调控设备,使养殖水体处于适宜鱼类生长的状态,达到高效、安全生产的目的。

日本、丹麦等水产养殖发达国家,能够对养殖水体中的溶解氧、温度、pH 值^[8]、盐度、氨氮、化学需氧量 COD、生化耗氧量 BOD 等 12 项具有意义的水质参数进行在线检测^[9],根据确定的上下限值发出指令,由自动控制系统进行校正^[10]。如西门子公司研制的 5~12 项在线参数监控系统;美国 SMART 公司生产的 LD301 液位、温度智能检测与控制仪表,它带有 HART 协议的通信接口,具有 PID 液位控制器功能,还具有网络整定和设置参数功能;美国 YSI 公司的 YSI6 多功能水质监测系统可连续实时监测 14 种水质参数,并可通过电缆或无线通信工具(如通信卫星)不间断地向基站发送测量数据;YSI5200 水产养殖监测系统可连续监测 6 种水质参数,并可组建 TCP/IP 网。

国内很多科研机构也开展了这方面的研究工作,并取得了一些成果。中国水产科学研究院黄海水产研究所的宋德敬等人开发出一种多点在线水质检测系统,可同时在线监测 6 个不同监测点的水质情况^[11]。中国水产科学研究院张明华等人设计了一种序列式多点自动多参数检测系统,利用进口品牌仪器连续检测 7 种水质参数,并设有 MODEM 接口进行数据的传送和接收,可实现远程遥控和接入因特网。上海雷磁公司吴沧海等人开发了一套渔业水质自动监控系统,解决了渔业生产过程中增氧、投饲、污水零排放和水质自动调理等环节的控制技术。中国水产科学研究院渔业机械研究所完成了“广东罗非鱼良种场育苗车间”的设计建造,采用玻璃钢水池和循环水系统,具有水温设定控制、水质多参数检测、生产过程监控等功能,技术措施上达到了国内先进水平^[12]。

尽管国内的水质参数检测系统取得了一些进展,但限于国内传感器的质量、使用期限,以及传感器的校验等问题,影响了这些参数检测系统在水产养殖中的广泛应用^[1]。

1.1.2 基于有线、无线传感器监测网络的发展状况

水产养殖数字化的一个重要问题是:如何将水产养殖现场鱼池水质多参数测量值和上位监控机构成网络。近几十年来,多参数传感器检测网络经过如下发展阶段。

第一代传感器网络检测系统,采用点到点传输的接口规范,比如二线制 4~20 mA 电流和 1~5 V 电压标准。这种系统曾经一度在测控领域广为应用,但由于其布线复杂、成本昂贵、抗干扰能力差,已逐渐淡出市场。

第二代传感器网络检测系统是基于智能传感器的测控系统。智能传感器与测控设备之间仍然采用传统的模拟电流或电压信号通信^[8]。随着数字通信标准 RS-232, RS-422, RS-485 等的推出与广泛应用以及微控制器的流行,许多新的传感器测控系统也应运而生。促进第二代测量控制系统发展的一个关键因素是英特尔公司 1983 年推出的位总线技术 (BITBUS) 和 8044 微控制器。该项技术主要将低速面向过程的输入输出通道与高速的计算机总线分离,将 I/O 板从计算机内部转移到现场,计算机和过程之间以双绞线为物理传输媒体,以 RS-485 为数据通信标准,通过远程访问命令 (remote access command, 即通信协议的用户层) 实现数据通信和信息传输,首次在设备内部实现了用传感器总线取代直接电缆连线来连接传感器和执行器,奠定了后来广为应用的现场总线技术的雏形。例如,美国利诺 (L&N) 公司的 7082 系列 pH/ORP 分析仪^[8],带有 RS-232 通信接口,可以进行上位计算机网络测试。它采用单片微机技术,具有 23 种操作功能,除显示常规的 pH 值、ORP、温度、时间、报警条

件、报警设定点、校准值、输出极限和自诊断外,还可自动识别 6 种缓冲溶液,自动清洗和自动校准时间程序设定,具有较强的智能功能;国内如上海雷磁公司生产的 pH 测试仪配有 RS-232 接口,可与上位计算机简单通信,进行采集数据。

第三代传感器网络检测系统,也即现在正蓬勃发展的新一代检测与控制仪表,是基于现场总线(FieldBus)的智能传感器检测系统^[13-15]。现场总线是连接智能化现场设备和主控系统之间全数字、开放式、双向通信网络^[16],是当前受到广泛认可的主流物理通信媒体。现场总线技术用数字通信代替了传统的 4~20 mA 模拟信号,大大减少了传感器与主控系统的连线以及通信带宽^[17],有效降低了系统成本与复杂度,实现了分布式智能测控。

在第三代基于现场总线传感器网络检测系统正蓬勃发展时,新一代的基于无线传感器网络又春苗出土^[18]。无线传感器网络的研究始于 20 世纪 90 年代末期。从 21 世纪开始,传感器网络引起了学术界、军界、工业界的极大关注^[19],美国和欧洲相继启动了许多关于传感器网络的研究计划,并在农业环境监测中得到了应用^[20]。如 2002 年英特尔公司率先在俄勒冈州建立了第一个无线葡萄园。传感器节点被分布在葡萄园的每个角落,每隔一分钟检测一次土壤温度、湿度或该区域有害物的数量以确保葡萄可以健康生长,进而获得大丰收;澳大利亚的 CSR10 ICT Center 将无线传感器节点安置在动物身体上对动物的生理状况(脉搏、血压等)和外界环境进行监测^[21],研制成完善的草地放牧与动物模型;巴西基于无线传感器网络研发了中央远程控制与监测系统,实现对 1 500 公顷大面积农田灌溉的监控。

我国在无线传感器网络方面的研究还很少,目前,国内一些高等院校与科研机构已积极开展无线传感器网络的相关研究工作^[21]。如中科院上海微系统与信息技术研究所通过系统继承的方式完成了一些终端节点和基站开发^[22];中科院电子研究所和沈阳自动化所也分别从传感器技术和控制技术两种角度入手,他们专注于传感或控制执行部分的研究;浙江大学现代控制工程研究所成立了无线传感器网络控制实验室,联合相关单位专门面向传感器网络的分布自治系统关键技术及协调控制理论方面的研究。另外有清华大学、中科院软件所、中科院自动化所、哈尔滨工业大学等单位在无线传感器网络方面也都做了一些有益的工作^[23-24]。但从目前的研究来看,大部分仅仅在理念上做了一些局部的阐述,而没有从系统实用的角度进行全面研究^[25]。因此,开发无线传感器自组织网络,实现大面积水域的大范围远距离数据采集,实现全数字、开放式的智能测控系统,建立全天候水产养殖数字化监测与控制系统是未来

的发展趋势。

1.1.3 水产养殖分布式控制系统的发展状况

水产养殖是一种集约化的养殖模式,往往在一个控制范围内有几个甚至数十个不同的养殖水域。因此,必须采取一种分散监测、集中操作、分级管理的控制模式,同时对多个水域的水质参数进行监控,实现对养殖水体有效调控^[26]。分布式控制系统(distribution controlling system, DCS)以其很强的自主性、良好的协调性、高可靠性以及实时性等优点,被广泛应用于水产养殖中。

美国、日本、丹麦和荷兰等国利用现代所有可以引用的实用技术,开发了多种分布式控制系统,能够对多水质参数进行连续、及时、准确的监测与实时控制,控制系统性能良好,其自动化水平达到相当高的程度。我国近年来在水产养殖分布式控制系统设计方面也开展了不少研究,取得了不错的效果。总体来说,国内外的水产养殖分布式控制系统设计模式基本相同,大致有如下两种。

1. 基于 RS-232/RS-485 网络协议的分布式控制系统

由于 RS-485 标准是采用平衡式发送,差分式接收的数据收发器来驱动总线的通信协议,具有设备简单、通信距离远、低成本和开放性等优势,是早期水产养殖测控系统优先选择的设计模式。如吴沧海等人以水质在线分析仪对养殖水体进行实时检测,并通过 RS-485 总线传送到监控计算机,由计算机对采样数据进行各种处理,包括记录、报警、打印、查询等,再通过数字量输出模块,实时控制其他动力设备,及时对各养殖水池的水质长期监控和调理^[27]。

2. 基于现场总线技术的分布式控制系统^[28]

现场总线是连接智能化现场设备和主控系统之间的全数字、开放式、双向通信网络,是当前受到广泛认可的主流物理通信媒体^[29]。来清民等人基于 CAN 总线技术^[30],设计了水产养殖多环境参数测控系统,能针对温度、pH 值、溶解氧等水产养殖环境参数进行自动检测与自动控制,有效地把各项环境参数控制在较为合适的范围内,从而保证了鱼类在最适宜的生态环境中生长^[31]。赵德安等人基于 MODBUS 总线协议,采用自由拓扑的网络结构,由计算机作为上位监控主站,多台智能多环境参数测控单元作为智能从站组成了分布式测控系统,监控计算机主要完成数据管理、智能决策、数据统计分析等,而现场测控单元完成数据采集、测控等。这样,在现场控制器发生故障及现场控制器与监控计算机相连的通信线路发生故障时不会影响其他现场控制器的正常工作,系统的可靠性高,监控计算机的管理功能被多台现场控制站共享,节约了

成本,提高了设备利用率。

随着 4C(Control, Communication, Computer, CRT)技术的发展,将导致 DCS 进一步开放和完善,例如使用统一的通信标准、中小型及微型化操作站的功能强化,以及 DCS 与 PLC 之间的渗透,等等。另外,基于有线的水产养殖分布式控制系统相对成熟,但由于水产养殖产业的特殊性,如养殖水域范围大、水产品种类繁多、架线和维护困难等问题,进一步发展采用移动 GPRS 无线通信技术和互联网技术的远程测控系统,必将提高水产养殖的自动化和智能化水平。

1.1.4 水产健康养殖过程精细管理决策系统的发展状况

水产品科学喂养技术是水产养殖中最重要的技术之一。水产品的营养研究和科学喂养的发展对集约化水产养殖发展、节约资源、降低成本、减少污染和病害发生,保证水产品食用安全,促进水产养殖的持续、健康发展具有重要的意义。国外在水产养殖饲料及饲料投喂方面的研究已经相当成熟,并且将信息技术应用到实际的水产养殖业中。20 世纪 80 年代,发达国家出现了利用计算机技术优选主要养殖品种的最佳饲料配方,建立了饲料工业体系、自动化投饲系统。

我国在水产精细喂养方面的研究主要包括三大领域:关于饲料营养配方的研究、关于饲料投喂技术的研究和关于饲料投喂方法的研究,目前已取得一定进展。中国农业大学开发的淡水鱼饲料投喂专家系统,建立了饲料选择及投喂实施过程的决策功能。国内关于水产品精细喂养决策系统、喂养设备控制方面的研究已经广泛开展,而将决策系统和控制机制结合起来实现自动喂养的深入研究却未见报道,因此,将饲料喂养决策系统和饲料喂养自动控制系统集成,开发智能精细喂养系统是研究的新趋势。

1.1.5 水产生态养殖主要模式发展现状

目前水产生态养殖发展模式主要有 5 种。

1. 稻田水产生态养殖模式

稻田生态养殖是根据稻鱼共生的生态原理,利用稻田的浅水条件,辅以人工措施,开挖水沟,既可种稻又可养鱼,把植物和动物、种植业和养殖业有机地结合起来,促进物质和能量的良性循环转化,可获得“鱼养稻、稻养鱼、稻谷增产鱼丰收”的生态效益,并且具有投资小、见效快、效益高等优点。

2. 池塘立体生态养殖模式

池塘内养殖不同食性和栖居于不同水层的水生生物,充分利用池塘物质转换各个环节的饵料生物和水体,提高池塘的生态效益和经济效益。如淡水