

文章编号:2095—0411(2015)04-0096-06

淡水池塘水质环境评价系统设计

史 兵¹,段锁林¹,马正华²,徐守坤²,蒋建明²

(1. 常州大学 城市轨道交通学院,江苏 常州 213164; 2. 常州大学 信息科学与工程学院,江苏 常州 213164)

摘要:为了实现淡水池塘水质恶化能及时报警,提出改善措施,从而达到对水质综合管理的目的,在咨询相关专家组的基础上,明确淡水池塘水质评价指标、淡水水质评价标准,并结合模糊综合指数评价方法,设计一套针对养殖池塘水质的评价体系。通过对现场目标对象实测验证表明:评价体系给出的评价结果与实际水质情况吻合,达到了准确评价养殖池塘水质的目的。

关键词:水质评价;水质因子;水质指标;评价模型

中图分类号:S 969

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.2095—0411.2015.04.018

Design for System of Water Quality Evaluation in Fresh Water Ponds

SHI Bing¹,DUAN Suolin¹,MA Zhenghua²,XU Shoukun²,JIANG Jianming²

(1. School of City Rail Transportation,Changzhou University,Changzhou 213164, China; 2. School of Information and Technology,Changzhou University,Changzhou 213164,China)

Abstract:In order to achieve a comprehensive management system of water quality in pond and of put forward the warning water quality deterioration, one kind of water quality evaluation system was designed for fresh water ponds. On the basis of the advisory group of experts on the evaluation of water quality ponds, the criteria and the indicator of water quality evaluation were established. The fuzzy comprehensive index evaluation method was adopted for testing the experimental data, and the test results matched the actual water quality. The purpose of accurate evaluation of water in fresh water pond was achieved.

Key words:water quality evaluation; water quality factor; water quality indicator; evaluation model

随着人们生活水平的不断提高,对水产品的需求也持续增长,2014 年全国水产品总产量达到 5 900 余万吨,取得了巨大的经济效益和良好的社会效益。为使淡水养殖池塘水质处于适于水产品生长的最佳状态,以充分发挥池塘养殖模式的优势,获得最大的效益,需要对池塘水质进行有效地综合管理。因此建立一套通用性强的池塘水质评价体系,以实现池塘水质状况进行准确的评价是目前池塘养殖模式所面临的紧迫任务^[1]。

1 淡水池塘水质评价体系的确立

1.1 评价体系确立的原则

淡水养殖池塘水质评价体系的建立应遵循 4 项指导思想,即通用化、标准化、数值化、易操作化。

通用化原则:建立此评价指标体系的目的是对淡水水产品养殖池塘的水质进行评价,实现科学养殖,健康养殖的目的,针对这样明确的目的,水质评价体系的各项因子和标准必须满足多种淡水水产养殖的要求。

收稿日期:2015-03-12。

基金项目:“十二五”国家科技支撑重大项目子项(2011BAD20B06)。

作者简介:史兵(1976—),男,江苏宿迁人,博士,讲师,主要从事设施自动化与智能化方正研究。

标准化原则:评价指标体系的各项评价因子的确定,以及评价标准的确定应有一套科学的标准作为依据,评价结果具有可重复性。

数值化原则:在一套科学的标准作为依据下,实现定量分析,最终得出直观的数值信息。系统不仅能定性的分析水质的状况,更要具有定量分析的能力,能给出确定的评价结果,以便采取相应的管理措施。

易操作化原则:水质评价的实施过程应以图形界面软件形式提供给使用者,该水质评价系统应具有友好的界面和简单的操作,并具有较强的数据处理能力。

1.2 评价体系确立的流程

淡水池塘水质评价体系经过系统分析、建立评价指标、建立评价标准、建立评价模型和实例测试 5 个阶段^[2]。其流程如图 1 所示。

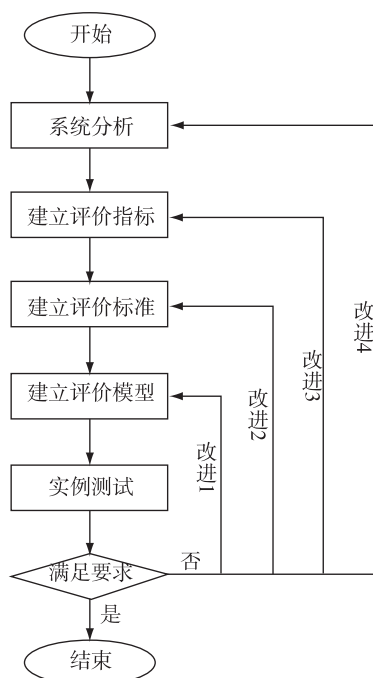


图 1 评价体系确立流程

Fig.1 Flow of establishment for water quality

系统分析包含潜在对象分析、现有知识储备分析等;评价因子包含评价因子分类、指标权重设计等;评价标准包含评价因子分级、分级区间确定等;评价模型包含评价算法的选择、设计或优化等;实例测试包含体系评估与优化等;

在确立评价体系的过程中,按由内到外的方式分别进行改进。如首次测试,出现实例测试的结果与实际水质情况不吻合,即不满足要求时,则首先通过执行改进步骤 1,对评价模型进行修改和优化;若

仍不满足要求,则执行改进步骤 2,依次类推分别对不同阶段的任务进行改进和优化,直到实测评价结果满足要求为止。一个准确的评价体系需要经过多次的修改与优化,才能达到较为满意的效果。

2 评价因子的确定

影响淡水池塘水质的指标因子主要有以下内容,如温度、pH、溶解氧、浮游动物、浮游植物、盐度、透明度、氨氮量、生化需氧量以及多种微量元素等^[3-4]。实践表明,对于养殖池塘水质评价体系来说,无需来对每一个指标进行评价,某些指标对水质的影响是可以忽略的。

建立评价系统的一项重要工作是准确确定水质评价因子,即评价指标。以河蟹养殖为例,通过对养殖专家组访问调查,获得专家对多项指标重要程度的排序。排在前 4 位的指标分别是溶解氧量、pH、温度和盐度。

1)溶氧量 一般要求淡水池塘溶解氧在 4~9mg/L 之间,低于 3mg/L 时,就会严重影响河蟹摄食与生长,体质下降,抗病力降低。溶氧量过高又容易得气泡病。

2)pH 淡水池塘保持在 pH=7~8 的中性或弱碱性最为适宜,当水质过酸或过碱性时,将会严重影响河蟹正常生长,甚至造成大量死亡。

3)温度 露天的淡水池塘应注意保持水温稳定,不要在短时间内发生剧烈的变化即可,适时采用通风、采光或者遮阳的方式保持水温;而采用工厂化精细养殖的淡水池塘,水温通常保持在 15~22℃ 为宜。

4)盐度 河蟹对盐度也较为敏感,特别是水产品幼体要求尽量在淡水中生活,盐度过高,将抑制其生长,造成疾病或死亡。

在没有特殊要求的情况下,系统采用上述 4 个水质因子作为评价指标。

3 评价标准的确定

我国现行的《渔业用水水质标准》(GB 11607—1989)中,并没有明确对养殖水质分出等级。但通过实际生产可知,淡水水产品对于多数水质因子浓度过高和过低都会产生不良反应,其在主要水质因子的适应均呈正态分布,遵循这一原则,并参考目前多种水质标准等级,将养殖池塘的水质分为 I 级、II 级、III 级、IV 级、V 级共 5 个级别。每个级别的意义见表 1。

表 1 淡水池塘水质分级
Table 1 Classification of water quality

级别	意义
I 级	池塘水质的各项指标在最佳生长区域
II 级	池塘水质的指标在最佳生长区域上下限附近区域
III 级	池塘水质的指标处于生理耐受区最佳生长上下限与生理忍受上下限中间区域
IV 级	池塘水质的指标处于生理忍受上下限附近区域
V 级	池塘水质的指标处于生理忍受上下限较远区域

淡水池塘水质分级区间如图 2 所示。由图 2 可知, I 级水质区域位于最佳生长区上下限之间的中间区域, 在这个区域, 水产品生长处于最适宜状态, 生长速度快, 免疫力强, 少受病害侵害。II 级水质区域位于最佳生长区上下限附近区域, 在这个区域, 水产品处于较为适宜的状态, 依然能较为健康的生长。III 级水质区域已出现影响水产品生长的因素, 如某些指标超标, 水产品开始出现病变现象, 此区域应当引起注意, 并着手进行调控。IV 级、V 级水质区域已经严重的影响水产品的生长, 造成水产品开始大量出现疾病, 甚至开始出现死亡现象, 因此这两级水质应该极力避免出现。

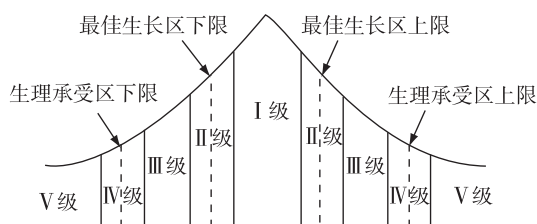


图 2 淡水池塘水质分级区间

Fig.2 Grading interval of water quality classification

4 淡水池塘水质因子区间的确定

前面所考虑的是养殖池塘水体等级划分, 可以看出, 该等级划分是模糊性的^[5-6]。划分好水质等级以后, 相应的应该来确定某等级下的水质因子的区间范围, 如在水质等级为 I 级时, 其主要的水质因子对应的数值范围。可以看出, 这些范围取值主要来源于实际生产经验和专家组知识。为了克服由于各位专家认知的不同而造成的某些数据出现较大差异的不利情况, 采取两方面措施:

- 1) 尽量扩大专家组成员, 收集更加全面的信息;
- 2) 考虑专家权威性, 突出某些信息的权重。

仍以河蟹养殖为例, 由专家组给出 I 级水质中 4 个指标的数值, 每位专家给出一个区间范围, 数值范围间隔不固定。

图 3~图 6 分别表示溶解氧、pH、温度和盐度数

值区间的专家调查表。使用同样的方法, 可以得出 II 级、III 级、IV 级和 V 级水质中, 溶解氧、pH、温度以及盐度 4 种指标的区间范围。并可综合得出如表 2 所示的水质因子数值区间与水质等级之间的对应关系。

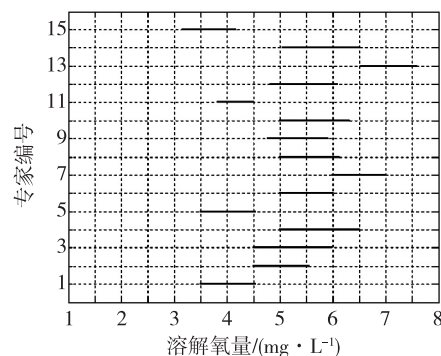


图 3 I 级水质溶解氧因子分布

Fig.3 Distribution of dissolved oxygen of level I

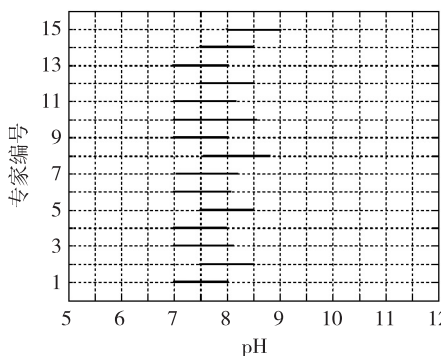


图 4 I 级水质 pH 因子分布

Fig.4 Distribution of pH of level I

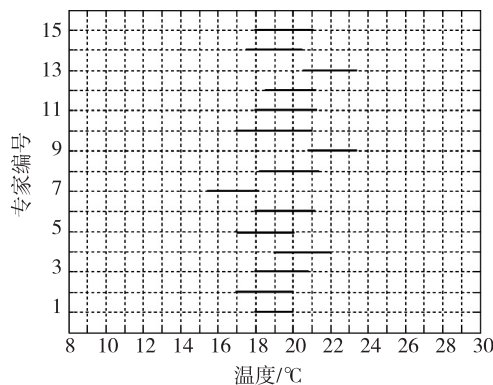


图 5 I 级水质温度因子分布

Fig.5 Distribution of temperature of level I

5 模糊综合指数评价方法

池塘水质因子之间相互作用、相互影响, 是一种深度耦合的复杂系统, 具有很强的非线性和模糊性, 而在水质等级的设计过程中也存在着模糊性。因此, 将模糊理论与指数评价法相融合, 是一种可行

的评价方法^[7-9]。其处理步骤如下:

(1)确定各指标权重集

本文采用各指标超标倍数的数学处理方法确定各自的计算权重,其计算公式为

$$X_i = \frac{C_i/D_i}{\sum_{i=1}^n C_i/D_i} \tag{1}$$

式中: n 为评价指标数, C_i 为第 i 种水质因子的数值, D_i 为第 i 种水质因子多组测量数值均值。

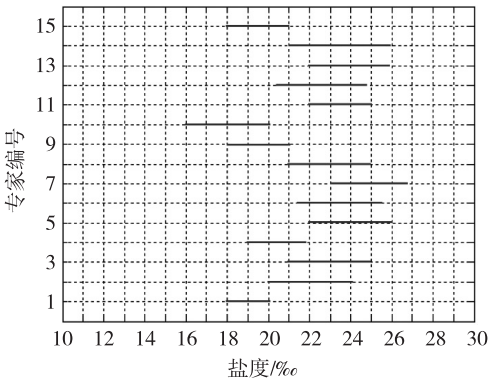


图 6 I 级水质盐度因子分布

Fig.6 Distribution of salinity of level I

表 2 水质因子与水质等级的对应关系

Table 2 Correspondence between water level and indicators of water quality

	溶解氧量/(mg/L)	pH	温度/℃	盐度/‰
I 级	5.0<DO≤9.5	7.0≤pH<8.0	18<T≤20	21<S≤25
II 级	4.0<DO≤5.0	6.0≤pH<7.0 或 8.0≤pH<9	16<T≤18 或 20<T≤22	17<S≤21 或 25<S≤29
III 级	3.0<DO≤4.0	5.0≤pH<6.0 或 9.0≤pH<10.0	14<T≤16 或 22<T≤24	13<S≤17 或 29<S≤33
IV 级	2.0<DO≤3.0	4.0≤pH<5.0 或 10.0≤pH<11.0	12<T≤14 或 24<T≤26	9<S≤13 或 33<S≤37
V 级	DO≤2.0	pH<4.0 或 pH≥11.0	T≤12 或 T>26	S≤9 或 S>37

(2)确定指标概率矩阵

当某单项指标的值确定后,则对于某级水质的概率分布,称为单指标概率矩阵,即 $\boldsymbol{H}(i)_{i \times m} = (r_{i1}, r_{i2}, \cdots, r_{im})$,其中 i 表示某单项指标, m 表示水质等级数。本文中各指标概率关系矩阵为 $\boldsymbol{H}_{4 \times 5}$ 。

指标概率矩阵 $\boldsymbol{H}_{4 \times 5}$ 中溶氧量指标在I~V级水质中概率分布如图 7 所示。图 7 中(a)、(b)、(c)、(d)、(e)分别表示溶氧量在I~V级水质中概率分布。

根据表 2 中的数据,利用相似的方法,可以分别确定 pH、温度和盐度 3 个单项指标在 I ~ V 级水质中概率分布情况,并由此构建出水质因子基于概率的矩阵 \boldsymbol{H} 。

(3)确定多指标评价矩阵

根据基于权重的矩阵 \boldsymbol{X} 和基于概率的矩阵 \boldsymbol{H} ,对多个评价因子进行综合评价,即得到多水质因子的评价矩阵 \boldsymbol{Y} ,该矩阵可表示为

$$\boldsymbol{Y} = \boldsymbol{X} \cdot \boldsymbol{H} \tag{2}$$

(4)计算模糊综合指数

首先构造水质标准类别向量,本文将水产品养殖池塘水质分为 5 个级别,故水质标准类别向量

为: $\boldsymbol{S} = (1, 2, 3, 4, 5)^T$

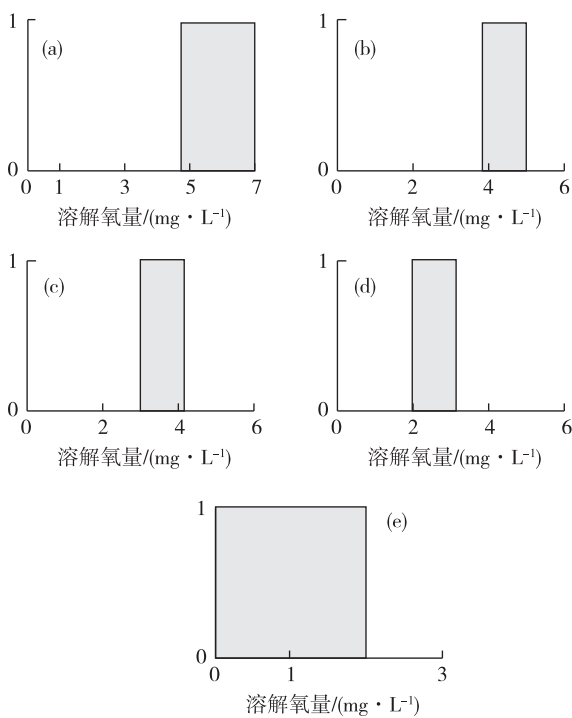


图 7 I ~ V 级水质中溶氧量指标概率分布

Fig.7 Probability of dissolved oxygen in water of I — V level

模糊综合指数可表示为:

$$F=Y \cdot S \quad (3)$$

6 评价应用实例

对溧阳市长荡湖水产良种科技公司河蟹养殖基地 1#, 2#, 3#, 4# 养殖池塘水质进行采样及水质等级评价, 通过模糊综合指数方法进行评价, 并分析评价结果, 具体现场实测数据见表 3。

由于高温更容易使水质恶化, 因此选择高温天气中如表 3 所示的 5d 并取得实测数据, 通过对表中数据的评价, 从而得出不同池塘在不同时间的水质情况。

表 3 淡水池塘水质因子测量数据

Table 3 Data of water quality in pond for test

日期	池塘编号	溶解氧/(mg/L)	pH	温度/℃	盐度/‰
8月2日	1#	6.2	7.8	15.5	18
	2#	5.6	7.5	15.5	20
	3#	7.2	7.6	15.4	21
	4#	4.3	7.1	16.1	19
8月5日	1#	6.5	8.1	18.3	17
	2#	7.6	7.2	17.7	16
	3#	6.4	7.4	17.6	18
	4#	5.5	7.1	17.7	18
8月10日	1#	7.2	7.8	17.5	16
	2#	8.6	7.2	18.2	16
	3#	6.1	7.5	18.7	17
	4#	5.7	7.1	17.8	18
8月15日	1#	6.2	7.7	18.3	20
	2#	8.3	7.2	18.1	21
	3#	6.7	7.3	17.7	20
	4#	6.7	7.2	17.5	19
9月15日	1#	7.2	7.6	18.5	19
	2#	8.6	7.8	18.1	20
	3#	6.4	7.3	18.2	20
	4#	5.7	7.2	18.5	18

7 评价软件及结果分析

系统软件基于 WINDOWS 平台所提供的接口函数, 利用 C 语言进行开发, 具有界面友好、操作简单、扩展性好等优点^[10]。系统软件提供多种淡水水产品管理功能, 如河蟹、鳊鱼、鲫鱼等。管理软件具有幼体管理、成体管理、营养饵料、病害防治、信息咨询和系统维护 6 部分功能。水质评价是系统软件所提供的重要功能之一, 其工作界面如图 8 所示。

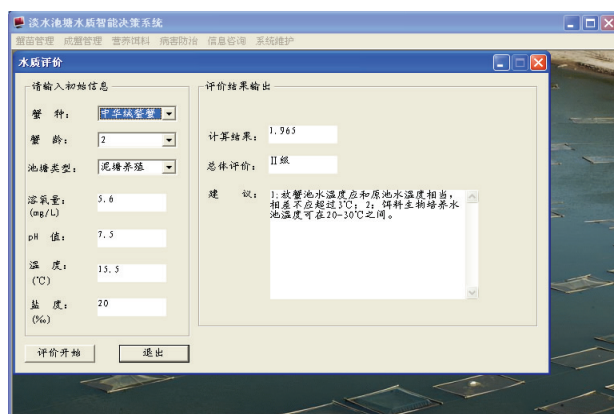


图 8 水质评价工作界面

Fig.8 Interface of water quality evaluation

利用模糊综合指数法进行等级评价, 以对 8 月 2 日 1# 池塘水质评价为例, 已知现场参数: 溶解氧 6.2mg/L; pH 为 7.8; 温度为 15.5℃; 盐度为 18‰。计算过程如下所示。

步骤 1: 根据表 3 中的数据, 按公式(1), 分别求出溶解氧、pH、温度和盐度的权重系数, 并建立矩阵 X 。

$$X = (0.244 \quad 0.262 \quad 0.231 \quad 0.262)$$

步骤 2: 根据图 7 所示, 可以构建基于概率的矩阵 H 。

$$H = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

矩阵行自上至下分别表示溶解氧、pH、温度和盐度; 矩阵列自左至右分别表示水质 I ~ V 等级。

步骤 3: 按公式(2), 确定多指标评价矩阵 Y 。

$$Y = X \cdot H = (0.506 \quad 0.262 \quad 0.231 \quad 0 \quad 0)$$

步骤 4: 按公式(3), 计算模糊综合指数。

$$F = Y \cdot S =$$

$$(0.506 \quad 0.262 \quad 0.231 \quad 0 \quad 0) \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix} = 1.723$$

求出 8 月 2 日 1# 池塘水质模糊综合指数为 1.723, 通过四舍五入, 即可得知水质等级为 II 级。通过类似的方法, 可以得到如表 4 所示的不同时间、不同池塘的水质等级。

表 4 水质评价结果
Table 4 Results of evaluation for water quality

日期	池塘编号			
	1#	2#	3#	4#
8月2日	Ⅱ(1.723)	Ⅱ(1.965)	Ⅱ(1.865)	Ⅲ(2.762)
8月5日	Ⅱ(1.801)	Ⅱ(1.765)	Ⅰ(1.015)	Ⅱ(2.412)
8月10日	Ⅱ(1.751)	Ⅱ(1.865)	Ⅱ(1.915)	Ⅲ(3.102)
8月15日	Ⅱ(2.031)	Ⅱ(1.865)	Ⅰ(1.215)	Ⅲ(3.023)
9月15日	Ⅱ(1.732)	Ⅲ(3.025)	Ⅲ(2.715)	Ⅲ(3.023)

水质等级Ⅰ~Ⅴ由水质向量(1,2,3,4,5)^T表示。表中评价结果分两部分,前部为水质等级由Ⅰ~Ⅴ表示,后部括号内的数值为模糊综合指数的计算结果,该计算结果与水质向量相比较,即得到要输出的水质评价等级。表4表明,模糊综合指数法对4个池塘的评价结果与池塘实际水质状况吻合,较好地实现了对养殖池塘的水质评价。

8 结 论

在咨询专家组的基础上,结合权重因素,确定了养殖池塘水质评价体系,完成了水质评价体系中的评价指标、指标评价标准等关键因素的确定。引入了模糊综合指数方法对评价体系进行评价,测试结果表明与实际养殖池塘水质状况相吻合,较好地实现了针对淡水水产品养殖池塘的水质评价工作。

参考文献:

[1]李道亮,傅泽田,田东. 智能系统:基础、方法及其在农业中的应用[M]. 北京:清华大学出版社,2004.

[2]吴源泉,刘江宁. 人工智能与专家系统[M]. 长沙:国防科技大学出版社,2000.

[3]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,2011,27(9):110-117.

[4]XU J Y, CUI SH R. Behavioral Responses of Tilapia to Acute Fluctuations in Dissolved Oxygen Levels as Monitored by Computer Vision[J].Aquacultural Engineering,2006,35:207-217.

[5]刘金英. 灰色预测理论与评价方法在水环境中的应用研究[D]. 长春:吉林大学,2004.

[6]徐祖信. 我国河流单因子水质标识指数评价方法研究[J].同济大学学报(自然科学版),2005(3):321-325.

[7]毛兴华. 常用水质评价方法的选择[J].水科学与工程技术,2006(1):21-23.

[8]陈森,陈豪立. 灰色模型的模糊法在水质评价中的应用[J].贵州工业大学学报(自然科学版),2004(6):86-90.

[9]郭劲松,龙腾锐,霍国友,等. 四种水质综合评价方法的比较[J].重庆建筑大学学报,2000(4):6-12.

[10]PHILLIP G L. Process Control and Artificial Intelligence Software for Aquaculture[J]. Aquacultural Engineering, 2000, 23: 13-36.

(责任编辑:李艳)