

# 养殖池塘水质的动态变化及其评价<sup>①</sup>

韩建宁<sup>②</sup> 王红英

(机械工程学院)

**摘 要** 从生产实际出发,在分析池塘水质动态变化的基础上,提出了池塘水质的分级评价标准,建立了池塘水质评价指标综合权重矩阵,用以对多个试验池塘的水质进行了分析与评价,结果与实际基本相符。这为提高池塘的科学管理水平提供了理论依据。

**关键词** 水产养殖; 池塘; 水质; 分级评价

**中图分类号** S955.1

## A Dynamic Change and Evaluation of Water Quality in Fishpond

Han Jianning Wang Hongying

(College of Machinery Engineering, CAU)

**Abstract** Based on the practical aquaculture, the standard of evaluation is proposed firstly for classifying the water quality in fishpond. The comprehensive weight matrix of water quality assessment indices are also proposed based on fuzzy theory. The models are applied to assess and analyse the water quality, the experimental results are basically consistent with the practice.

**Key words** aquaculture; pond; water quality; classifying evaluation

在水产养殖中,除了饲料之外,水质状况也是影响鱼类生长的一个重要因素。然而迄今为止,对饲养鱼类的理想水质的评价体系和指标尚无报道<sup>[1]</sup>。同时,为了讲求经济效益而进行的高密度养殖,要求投喂充足的饲料,结果常造成水质恶化,影响了鱼类的生长;因此有必要认识和了解养殖水体水质的动态变化规律,以便对水质状况及时进行监测评价,从而维持理想的水质环境。

## 1 池塘水质的动态变化规律

表征池塘水质的参数较多,其中主要的有以下 2 个。

收稿日期:1996-02-28

①国家自然科学基金资助项目

②韩建宁,北京清华东路 17 号中国农业大学(东校区)154 信箱,100083

1)溶解氧,用氧的质量浓度  $\rho(\text{O}_2)/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  表示。池塘溶解氧过低或过饱和都会使鱼类发育不良,甚至引发鱼病或死亡。影响池塘溶解氧变化的因素可分为两大类:一类是外界环境因素如光照强度、风速、气温、气压和时间等;另一类是池塘内在环境因子如鱼的平均体重和底泥的耗氧量等。尽管池塘溶解氧的影响因素较多,但其变化规律仍可由图 1 和图 2 表示。

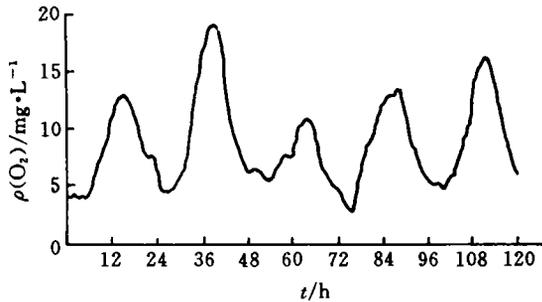


图 1 池塘溶解氧的质量浓度  $\rho$  随时间  $t$  的变化

2)养殖池塘内的浮游生物量、水体透明度和池塘中总的含氮量。

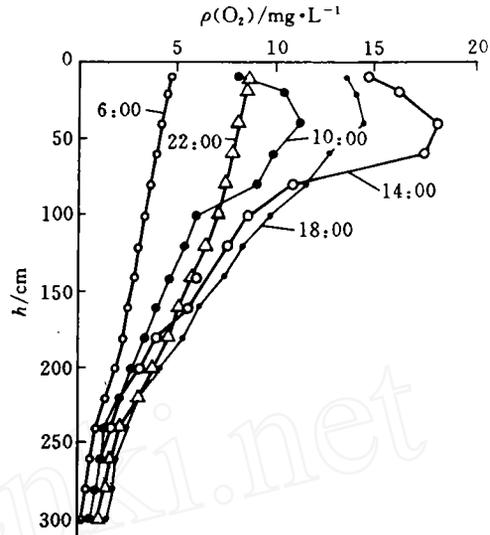


图 2 池塘溶解氧的质量浓度  $\rho$  随水体深度  $h$  的变化

## 2 评价标准的确定

由图 1 和图 2 可知,通常在拂晓时分池塘中溶解氧的质量浓度最小,下午 2 时左右达到最大值。考虑到渔业用水标准对这种最小值和最大值均有限制,因而应以这 2 个具有典型特征的时刻的池塘溶解氧作为池塘水质分级评价指标;同时将浮游生物量、水体透明度和总的含氮量设立在评价指标体系中也有实际意义。但由于目前尚无人提出池塘水质分级评价指标的具体标准值,因此在本研究中首先需要确定池塘水质分级评价指标中标准的质量浓度。在大量调查研究及听取专家意见的基础上,参照国内外学者对湖泊和水库提出的营养化评价标准<sup>[2]</sup>,笔者提出了一种符合生产实际的池塘水质分级评价指标体系,如表 1 所示。

表 1 池塘水质分级指标  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

评价指标	等 级					
	1	2	3	4	5	6
6:00 溶解氧质量浓度	2	4	5	6	8	10
14:00 溶解氧质量浓度	8	12	15	18	22	26
浮游生物质量浓度	5	10	20	50	100	200
氮的质量浓度	0.3	1	2	5	8	15
水体透明度/cm	100	60	40	35	28	22

## 3 评价指标综合权重矩阵

设有从  $n$  个池塘或测点中采集的水体样本,每个样本有  $m$  项水质分级评价指标的实测

值,水质优劣程度的分级数为  $c$ ,评价指标的标准质量浓度值为  $Y$ ,则有  $c$  级水质标准质量浓度矩阵

$$Y_{m \times c} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1c} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2c} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \cdots & y_{mc} \end{bmatrix} = y_{ih}$$

和池塘水质实测质量浓度矩阵

$$X_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} = x_{ij} \quad (1)$$

将矩阵(1)变换成池塘水质评价指标实测质量浓度模糊矩阵,即样本集在不同质量浓度情况下的指标权重矩阵

$$R_{m \times n} = r_{ij}, i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n$$

其中

$$r_{ij} = \begin{cases} 1 & x_{ij} > y_{ic} \\ \frac{x_{ij} - y_{i1}}{y_{ic} - y_{i1}} & y_{i1} \leq x_{ij} \leq y_{ic} \\ 0 & x_{ij} < y_{i1} \end{cases}$$

此外,  $m$  项评价指标对水质的影响常常并不完全相同,故还应考虑  $m$  项评价指标本身对水质分级作用大小的权重。指标权向量为

$$V = (V_1, V_2, \dots, V_m)$$

$$\sum_{i=1}^m V_i = 1$$

综合考虑超标权重和指标权重,可得  $n$  个样本  $m$  项评价指标的综合权重矩阵

$$A_{m \times n} = V \times R_{m \times n} = V_i r_{ij} \quad (2)$$

将矩阵(2)的元素值按列归一化,得到

$$W_{m \times n} = W_{ij} \quad (3)$$

式中  $W_{ij}$  为样本  $j$  第  $i$  个指标的综合权重,其表达式为

$$W_{ij} = \frac{V_i r_{ij}}{\sum_{i=1}^m V_i r_{ij}} \quad \sum_{i=1}^m W_{ij} = 1$$

以上所提出的评价指标综合权重矩阵及其确定方法,对于正确评价池塘水质状况,提高养殖管理水平,具有理论和实际意义<sup>[3,4]</sup>。

#### 4 池塘水质评价模糊最优分级模式

设池塘或测点的第  $j$  个样本用向量表示为  $r_j = (r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj})^T$ ,池塘分级的第  $h$  级的评价指标标准为  $S_h = (S_{1h}, S_{2h}, \dots, S_{mh})^T$ ,样本  $j$  的指标权向量为  $W_j = (W_{1j}, W_{2j}, \dots, W_{mj})^T$ ,由于

水质分级的模糊性,所以样本以不同的隶属度  $u$  隶属于各分级标准。设有  $n$  个样本对  $c$  级分级标准的隶属度以下面的模糊矩阵表示:

$$U_{c \cdot n} = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1n} \\ u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ u_{c1} & u_{c2} & \cdots & u_{cn} \end{bmatrix} = u_{h_j} \tag{4}$$

其约束条件为

$$\sum_{h=1}^c u_{h_j} - 1 = 0 \quad \sum_{j=1}^n u_{h_j} > 0$$

为求出矩阵(4)的最优分级矩阵,现建立目标函数

$$\min \{ F(u_{h_j}) \} = \sum_{j=1}^n \min \left\{ \sum_{h=1}^c u_{h_j}^2 \left[ \sum_{i=1}^m [W_{ij}(r_{ij} - S_{ih})]^2 \right] \right\}$$

并构造拉格朗日函数

$$L(u_{h_j}, \lambda) = \sum_{h=1}^c u_{h_j}^2 \left[ \sum_{i=1}^m [W_{ij}(r_{ij} - S_{ih})]^2 \right] - \lambda \left( \sum_{h=1}^c u_{h_j} - 1 \right)$$

分别对拉格朗日乘数  $\lambda$  和  $u_{h_j}$  求函数  $L(u_{h_j}, \lambda)$  的偏导数,并令其等于零,可解出最优分级矩阵元素的表达模式

$$u_{h_j} = \left\{ \sum_{k=1}^c \left[ \sum_{i=1}^m [W_{ij}(r_{ij} - S_{ih})]^2 \right] \left[ \sum_{i=1}^m [W_{ij}(r_{ij} - S_{ik})]^2 \right]^{-1} \right\}^{-1} \tag{5}$$

据此可以计算出最优分级矩阵的每一个元素,从而得到样本集对于各分级的隶属度,以便对池塘的水质作出评价。

### 5 计算实例

夏季是池塘藻类繁殖的高峰期,鱼类生长较快,水质变化亦较大,此时对池塘水质进行准确的分级评价,具有实际意义;因此,笔者选择了 8 个池塘,按照水质分级评价指标进行测定,结果如表 2。

表 2 池塘水质分级评价指标实测值

mg·L<sup>-1</sup>

评价指标	序				号			
	1	2	3	4	5	6	7	8
6:00 溶解氧质量浓度	3.7	3.0	2.5	2.8	4.2	3.1	5.3	3.8
14:00 溶解氧质量浓度	13.8	10.4	15.6	9.6	18.2	16.5	12.7	14.9
浮游生物质量浓度	8.8	15.8	21.2	25.5	29.1	20.0	43.4	50.7
氮的质量浓度	2.3	4.6	10.2	6.8	5.2	14.5	10.3	20.0
水体透明度/cm	50	36	27	41	58	33	26	19

现根据上述评价模式对池塘水质进行综合评价。

由式(3)可得

$$W_{5 \times 6} = \begin{bmatrix} 0.160 & 0.088 & 0.029 & 0.067 & 0.150 & 0.055 & 0.165 & 0.079 \\ 0.242 & 0.093 & 0.194 & 0.060 & 0.380 & 0.188 & 0.104 & 0.135 \\ 0.015 & 0.039 & 0.038 & 0.070 & 0.067 & 0.031 & 0.079 & 0.082 \\ 0.102 & 0.205 & 0.309 & 0.296 & 0.181 & 0.385 & 0.272 & 0.352 \\ 0.482 & 0.575 & 0.430 & 0.507 & 0.293 & 0.342 & 0.380 & 0.352 \end{bmatrix}$$

由式(5)可得出8个池塘对于各个分级评价指标的隶属度矩阵

样本	1	2	3	4	5	6	7	8	级别
$U =$	0.018	0.005	0.016	0.013	0.045	0.033	0.020	0.030	1
	0.403	0.036	0.048	0.073	0.194	0.054	0.059	0.052	2
	0.383	0.384	0.100	0.212	0.291	0.070	0.120	0.072	3
	0.128	0.449	0.236	0.484	0.315	0.122	0.270	0.120	4
	0.046	0.098	0.462	0.177	0.115	0.244	0.406	0.220	5
	0.023	0.027	0.137	0.040	0.041	0.496	0.125	0.506	6

(6)

由最大隶属度判别原则和式(6)可知:样本1为2级,水质略清瘦;样本2,4,5为4级,水质良好;样本3,7为5级,样本6,8为6级,水质较肥;其中8号池塘夜间出现了严重浮头。计算结果与实际观测结果基本相符。

## 6 结 论

在对池塘水质动态变化规律进行分析的基础上提出的池塘水质模糊评价指标体系,能较好地反映各个池塘的水质相对于分级标准的隶属程度,所提出的指标综合权重模式和权重矩阵可用来评价池塘水质的状态。计算结果与实际观测结果基本相符。

### 参 考 文 献

- 1 丸山俊朗. 养鱼水质的管理. [日]养殖,1990,10:29~31
- 2 舒金华. 我国湖泊富营养化程度评价方法的探讨. 环境污染与防治,1990,12(5):2~7
- 3 藤井滋穗,宋官功,白本敏之. 富营养化水域における植物プランクトン・動物プランクトンの自浄作用に及ぼす効果. 水质汚濁研究,1991,14(7):469~478
- 4 韩建宁. 高产养鱼池塘生态系统的研究:[学位论文]. 北京:北京农业工程大学,1995