

文章编号: 1006-544X(2003)01-0060-05

# 应用模糊评价法建立我国 海水养殖珍珠品级评判综合模式

孔蓓<sup>1</sup>, 邹进福<sup>1</sup>, 陈积光<sup>2</sup>, 廖义奎<sup>2</sup>

(1. 桂林工学院 资源与环境工程系, 广西 桂林 541004; 2. 广西民族学院 科技处, 广西 南宁 530006)

**摘要:** 在分析前人对我国海水养珍珠质量分级研究和大量实践的基础上, 将质量评价模糊因素数量化, 分别求得珍珠质量评价要素的量化值. 通过二元对比倒数法确定权重, 利用向量的乘积, 求出综合评价结果的代数值, 根据最大隶属度原则量化级别, 从而建立了我国海水养殖珍珠质量评判的品级划分综合评价模型, 模型包括了3个层次(目标层、条件层、因素层), 6个因素指标(颜色、大小、形状、瑕疵、光泽、珠层质量)共12个因子, 珍珠品级的评判划分为特级、一级、二级、三级、四级5类. 模型较前人的评价方法更科学、准确. 运用VB6.0将系统程序化, 使其在生产实践运用中更快捷、准确.

**关键词:** 珍珠品级; 评判模式; 模糊评价

**中图分类号:** P619.281; S968.35; O159

**文献标识码:** A<sup>①</sup>

由于天然饰用珍珠十分罕见, 因而目前国内外的海水养殖珍珠在珠宝业中占有极为重要的经济地位. 我国自20世纪80年代后开始规模化生产海水养殖珍珠, 但至今仍无统一的质量评价标准, 对生产和市场的规范都有一定的影响. 因此尽早提出适合我国国情、科学且规范的质量评判系统对产业发展显得尤为重要.

## 1 评价指标体系的确立

### 1.1 颜色

海水养殖珍珠的颜色是珍珠体色和伴色的综合效果. 珍珠的体色即背景色, 取决于珍珠本身所含的色素和微量元素. 伴色指珍珠表面和内部珍珠层对光的干涉、衍射的综合作用而形成的珍珠特有的晕彩色, 这种伴色是叠加在其本身颜色之上的.

我国所产海水养殖珍珠因受养殖贝、养殖海域等因素的控制, 颜色相对较为单一, 以白色-黄色调为主, 多数没有伴色或较弱. 少数最常见的伴色是粉红, 其次是浅蓝、灰绿.

综合对我国马氏贝(*Pinctola fucata* G.) 养殖珍珠颜色的实际观察和统计结果, 可将其体色划分为3个颜色系列, 分别由7种色调及其过渡色组成, 即白色系、黄色系、黑色系, 其中白色系为银白透粉红色、白色, 黄色系为金黄色、浅黄色, 黑色系为灰黑色、褐色及杂色.

### 1.2 大小

海水养殖珍珠的大小通常以圆形珍珠的最小直径表示. 不同直径大小的海水养殖珍珠按商业习惯称为特大珠( $\Phi > 8.0$  mm), 大珠( $\Phi 7.0 \sim 8.0$  mm), 中珠( $\Phi 6.0 \sim 7.0$  mm), 小珠( $\Phi 5.0 \sim 6.0$  mm), 厘

① 收稿日期: 2002-09-21; 修订日期: 2002-10-25

基金项目: 教育部科学技术研究重点资助项目; 广西青年科学基金资助项目(桂科青0007013)

作者简介: 孔蓓(1968-), 女, 陕西咸阳人, 硕士, 讲师, FGA, 宝石石学专业.

珠( $\phi < 5.0$  mm).

### 1.3 形状

海水养殖珍珠的形状可以用圆度及对称性来表示，圆度指珍珠最大与最小直径之差的百分比。经研究表明<sup>[1]</sup>，海水养殖珍珠的理想形状为圆形，变形珍珠虽然某些具象形图案者可被利用，但由于这种珍珠在珍珠层与珠核间往往贴合不紧密，且富含杂质，因而使其实用性受一定影响，价值往往不高。

### 1.4 光泽

珍珠的光泽又称“珍珠光泽”或“珠光”。珍珠光泽是一复杂的且较为独特的光学效应。其形成机理不仅由光的表面反射产生，而且由内部光的干涉或衍射综合形成。因而珍珠光泽的强弱与珍珠层的厚度、结构、晶体微粒排列有序度密切相关，尤其是表层晶体的结晶程度和排列有序度<sup>[2]</sup>。

### 1.5 瑕疵（或光洁度）

海水养殖珍珠常见的瑕疵种类有黑斑、花点、尾巴、平头、缺口、裂纹等。黑斑是夹在珍珠层中或珍珠层与珠核间黑褐色的角质物透过珍珠层而呈现的灰至黑色斑块，若面积分布较小，有时可在漂白中被洗掉，面积过大则很难去除彻底，甚至会因漂白过渡而改变珍珠的质地。花点为珍珠表面呈现的不透明的或晦暗无光的部分，呈斑状或针点状，不仅影响珍珠光泽，有时还会呈凸出表面的小疹状，影响珍珠的整体美观；尾巴指不规则的隆起物，一般是由于不正常的角质及珍珠质分泌而成，通常不改变珍珠的基本形状。平头是指珍珠表面呈平坦的台阶状部分或小的凹陷。此外，珍珠生长时未被珍珠囊包裹的部分及由于受外力、高温脱水等作用影响会产生缺口或裂纹等异常现象，一旦出现，不但影响美观，而且可使珠层破裂，严重影响耐用性，一般在生产、商业部门均作弃珠处理。

各类瑕疵在养殖珍珠中可单独出现，也可以混合出现。

### 1.6 珠层质量

珠层质量包括珠核外珍珠层的结构类型以及珍珠层厚度。珍珠层厚度指珍珠层的实测厚度或利用珠孔目估厚度，本文同时给出各种厚度的肉眼观察效果。

根据以上评价条件及评价因素，构成海水养殖珍珠的评价指标体系的模型树，如图1。



图1 质量评价指标层次模型图

Fig.1 Model of layer structure for grading

V—目标层；R—条件层；R'—因素层

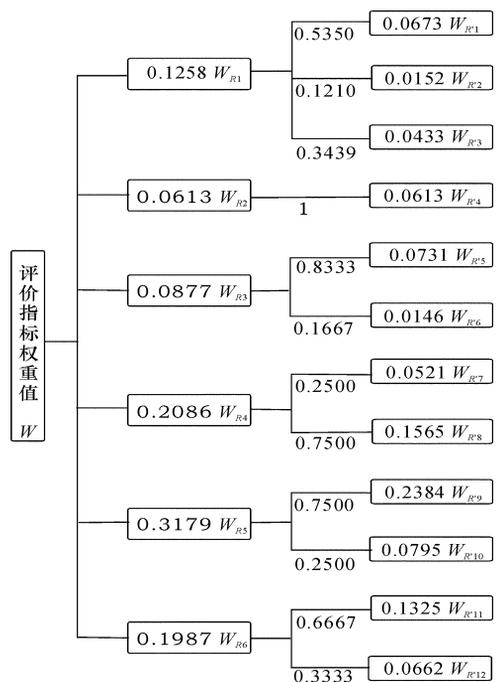


图2 权重分配图

Fig.2 Basic weighting indices system for evaluating conditions and factors

W—权重； $W_{R_i}$ —目标层权重； $W_{R'_i}$ —因素层权重

## 2 模糊综合评价模型的建立

### 2.1 权重的确定

在模糊综合评价中, 权重是至关重要的. 它反映各因素在综合评价中所占的地位或所起的作用, 并直接影响评判结果.

从审美角度看珍珠的美主要体现在光泽、颜色和光洁度上, 因而好的珍珠应具有强的珠光、美的颜色, 人们才喜欢. 一般, 颜色好但光泽暗的珍珠不如光泽好颜色普通的珍珠, 且人们通常愿意选择不仅光泽好还要瑕疵少的珍珠. 根据近年的研究发现, 海水养殖珍珠的珍珠层结构类型愈单一, 珍珠层愈厚, 光泽就愈好<sup>[2]</sup>.

综合上述各因素, 结合专家评议和实践, 采用 A. L. Satty 提出的“1~9 标度”法 (表 1)<sup>[3]</sup>, 按二元对比倒数分别构建出条件层、因素层的判断矩阵, 通过计算各判断矩阵的特征向量, 经归一化后得出评价指标中基本条件及相关因子的相对权重值, 再通过条件层与因子层相对权重的连乘, 可得到各评价因子的计算权重值. 最后, 对个别因子权重作适当调整, 调试合理后的权重值作为最终权重 (图 2).

### 2.2 评价指标的等级划分和取值

按照十分制进行等级划分. 评分标准如表 2.

### 2.3 评价指标隶属函数的确定

按质量评级中隶属函数的确定方法<sup>[4]</sup>, 对于以  $(a_{ij-1} - a_{ij})$  为指标的隶属函数为:

表 2 海水养殖珍珠质量评价指标模糊评分

Table 2 Fuzzy score of the quality grades of China sea - cultured pearls

指 标		分 级 标 准 和 取 值				
		特级 10-9 (特等商品级)	一级 8-7 (优等商品级)	二级 6-5 (普通商品级)	三级 4-3 (可用商品级)	四级 2-1 (劣质商品级)
条件层	因素层					
	体色	银白透粉红、银白、 银白浅透粉红	白色、金黄色	浅黄色-黄色	灰黑色、褐色	杂色
颜色	伴色	很强	有	较弱	微弱	无
	透明度	好	稍好	一般	浑浊	不透明
大小	最小直径/mm	>8.0	7.0~8.0	6.0~7.0	5.0~6.0	<5.0
形状	直径差/%	1	1~5	5~10	10~20	>20
	对称性	很好	好	稍好	差	不对称
光泽	映像清晰度	极明亮 线条很清晰	较明亮 线条清晰	明亮程度一般 能看见映像	明亮程度较弱 映像模糊	明亮程度微弱 映像极模糊
	晶体结晶度及排列有序性	很好	好	稍好	差	很差
瑕疵	种类	肉眼难以看见	针点	花斑或黑斑	花斑或黑斑	三种以上瑕疵 同时出现
	大小、数量 /mm	肉眼难以看见	较小, 不显眼, 限 1 处, $\Phi < 10$	小, $\Phi < 2$ , 不显眼, 限 2 处	中等, $\Phi < 2$ , 限 3 处	大, $\Phi > 3$ , 显眼 > 3 处
珠层质量	结构类型	完全紧密珍珠层型	珍珠层型	珍珠层型混有少量 有机质夹层	混合层型	棱柱层型
	实测或目估厚度 /mm (观察效果)	>0.5 (看不见珠核)	0.45~0.5 (看不见珠核)	0.35~0.45 (看不见珠核)	0.25~0.35 (旋转可见 珠核闪光)	<0.25 (珍珠似鱼眼状能 清楚看见珠核)

$$\mu_{i1}(x) = \begin{cases} 1, & x \text{ 介于 } a_{i0} \text{ 与 } a_{i1} \text{ 之间} \\ (a_{i2} - x)/(a_{i2} - a_{i1}), & x \text{ 介于 } a_{i1} \text{ 与 } a_{i2} \text{ 之间} \\ 0, & x \text{ 介于 } a_{i2} \text{ 与 } a_{im} \text{ 之间} \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{ij}(x) = \begin{cases} 0, & x \text{ 介于 } a_{i0} \text{ 与 } a_{i,j-2} \text{ 之间} \\ (x - a_{i,j-2})/(a_{i,j-1} - a_{i,j-2}), & x \text{ 介于 } a_{i,j-2} \text{ 与 } a_{i,j-1} \text{ 之间} \\ (a_{i,j+1} - x)/(a_{i,j+1} - a_{ij}), & x \text{ 介于 } a_{ij} \text{ 与 } a_{i,j+1} \text{ 之间} \\ 0, & x \text{ 介于 } a_{i,j+1} \text{ 与 } a_{im} \text{ 之间} \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{im}(x) = \begin{cases} 0, & x \text{ 介于 } a_{i0} \text{ 与 } a_{i,m-2} \text{ 之间} \\ (x - a_{i,m-2})/(a_{i,m-1} - a_{i,m-2}), & x \text{ 介于 } a_{i,m-2} \text{ 与 } a_{i,m-1} \text{ 之间} \\ 1, & x \text{ 介于 } a_{i,m-1} \text{ 与 } a_{im} \text{ 之间} \end{cases} \quad (3)$$

预测指标分定性指标和定量指标两类. 定性指标是离散性取值, 其隶属函数为其相应指标所对应的级别; 定量指标常常是连续性区间取值, 各级别虽有界限值, 但实际上往往呈过渡状态.

以评价指标中珍珠大小为例, 其隶属函数为:

$$\mu_{11}(y_1) = \begin{cases} 1, & y_1 > 8 \\ (7 - y_1)/(7 - 8), & 8 \geq y_1 > 7 \\ 0, & y_1 \leq 7 \end{cases}; \quad \mu_{12}(y_1) = \begin{cases} 0, & y_1 > 8 \\ 1, & 8 \geq y_1 > 7 \\ (6 - y_1)/(6 - 7), & 7 \geq y_1 > 6 \\ 0, & y_1 \leq 6 \end{cases};$$

$$\mu_{13}(y_1) = \begin{cases} 0, & y_1 > 8 \\ (y_1 - 8)/(7 - 8), & 8 \geq y_1 > 7 \\ 1, & 7 \geq y_1 > 6 \\ (5 - y_1)/(5 - 6), & 6 \geq y_1 > 5 \\ 0, & y_1 \leq 5 \end{cases}; \quad \mu_{14}(y_1) = \begin{cases} 0, & y_1 > 8 \\ (y_1 - 7)/(6 - 7), & 7 \geq y_1 > 6 \\ 1, & 6 \geq y_1 \geq 5 \\ (0 - y_1)/(0 - 5), & y_1 < 5 \\ 0, & y_1 = 5 \end{cases};$$

$$\mu_{15}(y_1) = \begin{cases} 0, & y_1 > 6 \\ (y_1 - 6)/(6 - 5), & 6 \geq y_1 \geq 5 \\ 1, & y_1 < 5 \end{cases}.$$

## 2.4 评价等级的模型综合计算

按综合评价等级标准, 设评价对象  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , 划定评价集为

$$V = \{\text{特等商品级}(v_1), \text{优等商品级}(v_2), \text{普通商品级}(v_3), \text{商品级}(v_4), \text{劣质商品级}(v_5)\}. \quad (4)$$

相应的因素集各评判等级对应  $V$  的评价模糊子集为

$$U_i = \{u_{i1}, u_{i2}, u_{i3}, u_{i4}, u_{i5}\}. \quad (5)$$

在评价指标中, 有 6 个评价指标, 12 个因子. 确定每一因子中不同级别的隶属函数  $\mu_{ij}(x)$ . 对每一被评价对象  $X_k$  (珍珠), 相应对其质量因素都有一测定值  $y_i$ , 于是得到对应于  $X_k$  的测定指标向量  $Y_k = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ , 分别确定模糊转换矩阵

$$R_k = \begin{bmatrix} \mu_{11}(y_1) & \mu_{12}(y_1) & \cdots & \mu_{1m}(y_1) \\ \mu_{21}(y_2) & \mu_{22}(y_2) & \cdots & \mu_{2m}(y_2) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \mu_{n1}(x) & \mu_{n2}(x) & \cdots & \mu_{nm}(x) \end{bmatrix}_{n \times m}; \quad (6)$$

其中  $n=1, \dots, 6; m=1, \dots, 5$ .

$$R'_k = \begin{bmatrix} \mu'_{11}(y'_1) & \mu'_{12}(y'_1) & \cdots & \mu'_{1m}(y'_1) \\ \mu'_{21}(y'_2) & \mu'_{22}(y'_2) & \cdots & \mu'_{2m}(y'_2) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \mu'_{n1}(x') & \mu'_{n2}(x') & \cdots & \mu'_{nm}(x') \end{bmatrix}_{n \times m} \quad (7)$$

其中  $n=1, \dots, 12; m=1, \dots, 5$ . 根据图 2 所确定的各因素权重的模糊子集  $W$  分别为对条件层

$$W_R = \{W_{R_1}, W_{R_2}, \dots, W_{R_6}\}, \quad (8)$$

且  $\sum_{i=1}^6 W_{R_i} = 1$ .

对因素层  $W_{R'} = \{W_{R'_1}, W_{R'_2}, \dots, W_{R'_{12}}\}, \quad (9)$

且  $\sum_{i=1}^{14} W_{R'_i} = 1$ .

运用层次分析法可得评价集的计算

$$V_j = W_R \sigma_2 R_{ij} = W_{R'} \sigma_2 R'_{ij} = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}, \quad (10)$$

其中  $v_1$  代表特等商品级,  $v_2$  代表优等商品级,  $v_3$  代表普通商品级,  $v_4$  代表可用商品级,  $v_5$  代表劣质商品级,  $\sigma_2$  为常用复合算子.

按最大隶属原则  $v_j = \max_{j=1}^5 v_j, \quad (11)$

则评定  $X_k$  属于  $v_j$  级.

### 3 结束语

通过模糊层次分析法评价珍珠质量, 不仅避免了评价者凭感观和经验对复杂因素综合判断的不准确性、随机性, 而且弥补了用各种指标平行对比的方法得出评价结果的不确定性. 在模型中, 将评价指标分为 3 个层次、6 个条件、12 个因素, 使珍珠内部质量与外部的表现等综合因素得到全面真实的体现和反映, 评价结论更规范、更加科学. 模型实用且正确, 方法可行.

在实践应用中, 采用 VB6.0 操作系统软件, 将模式程序化, 使得操作更为简便、易行.

### 参考文献:

- [1] 孔 蓓, 邹进福, 陈积光, 等. 广西防城海水养殖珍珠的内部结构特征、类型及成因 [J]. 桂林工学院学报, 2002, 22 (2): 119-121.
- [2] 邹进福, 孔 蓓. 合浦珍珠的结构及其对质量的影响 [J]. 珠宝科技, 1996, (2): 30-31.
- [3] 王 琦. 实用模糊数学 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1992. 194.
- [4] 肖位枢. 模糊数学基础及应用 [M]. 北京: 航空工业出版社, 1992. 277.

## Quality grading method of China sea - cultured pearls on the basis of fuzzy evaluation

KONG Bei<sup>1</sup>, ZOU Jin-fu<sup>1</sup>, CHEN Ji-guang<sup>2</sup>, LIAO Yi-kui<sup>2</sup>

(1. Department of Resources and Environmental Engineering, Guilin Institute of Technology, Guilin 541004, China;

2. Guangxi University for Nationalities, Nanning 530006, China)

**Abstract:** A qualified model for grading the quality of China sea - cultured pearls is put forward. The model contains 3 hierarchies, 6 conditions and 12 factors. According to the basic weighting indices of the evaluation conditions and factors, China sea - cultured pearls can be sorted out into 5 grades, that is extraordinary fine, first grade, second grade, third grade and fourth grade. Through computerizing the whole model on VB6.0, the grading of a pearl can be defined quickly and readily enough by calculating the subordinative order in the grades.

**Key words:** grading of pearls; evaluation model; fuzzy evaluation