

文章编号: 1674 - 5566(2013)01 - 0128 - 06

基于层次分析法的舟山市海洋牧场选址评价

许 强, 章守宇

(上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306)

摘 要: 海洋牧场作为现代渔业的一种发展模式, 其选址技术在整个海洋牧场建设体系中起着十分关键的作用。以舟山市海洋牧场建设规划为例, 根据其不同类型的海洋牧场建设目标, 在分析影响海洋牧场选址因素的基础上, 采用层次分析法构建海洋牧场选址评价的层次结构模型, 采用专家调查法构建判断矩阵, 利用 Yaahp 5.3R1 软件——计算判断矩阵, 并进行一致性检验, 依次按照层次单排序和总排序的顺序进行。计算得到各选址方案的权重值。结果表明, 舟山市规划的 4 个海洋牧场选址的优劣排序依次为: 马鞍列岛海洋牧场(0.289 5)、东极岛海洋牧场(0.276 6)、洋鞍—猫头洋海洋牧场(0.221 9)和岱山东部列岛海洋牧场(0.212 0)。舟山市可以优先安排资金和项目开展马鞍列岛海洋牧场和东极海洋牧场的建设工作。

研究亮点: 目前, 针对海洋牧场建设技术方面的研究较少, 尤其是针对决定海洋牧场建设效果的选址研究十分缺乏。本文首次采用较为成熟的项目选址方法——“层次分析法”, 结合实例, 有效地从定性和定量两个角度对海洋牧场选址进行了评价, 具有一定的现实指导意义。

关键词: 海洋牧场选址; 层次分析法; 评价; 舟山市

中图分类号: S 953.2

文献标志码: A

海洋牧场是通过在某一海域内建设适应水产资源栖息的人工生息场, 采用增殖放流和移植放流的方法, 将生物种苗经过中间育成或人工驯化后放流入海, 利用海洋自然生产力和微量投饵育成, 并采用先进的鱼群控制技术和环境监控技术对其进行科学管理, 使其资源量增大, 有计划且高效率地进行渔获^[1-3]。近年来, 我国海洋牧场事业发展迅速^[4-7], 海洋牧场选址问题愈发显得重要。合理规划和选取海洋牧场建设区域, 以及对初选的海洋牧场建设区进行科学评价是保障海洋牧场建设安全有效的前提。本文综合分析了影响海洋牧场选址的诸多因素, 引入层次分析法, 对舟山市规划的海洋牧场选址进行了评价, 以期对舟山市分阶段、分步骤、有主次地进行海洋牧场建设提供科学依据。

1 舟山市海洋牧场选址概况

2009 年至 2010 年, 舟山市组织相关人员, 在

调查研究的基础上, 编制了《舟山市海洋牧场建设规划 2011 - 2025 年》^[8] (以下简称《规划》), 《规划》提出, 舟山市将在今后的 15 年间, 选取马鞍列岛海域、岱山东部列岛海域、东极海域, 以及洋鞍—猫头洋海域, 利用岛礁散布, 以石斑鱼、褐菖鲉等恋礁性鱼类, 及叫姑鱼、真鲷、大龙六线鱼等感礁性鱼类为增养殖对象, 通过设置集鱼礁、诱导礁、育成礁、增殖礁等方式延伸岛礁基架结构, 整合贝藻类养殖筏和鱼类养殖网箱等设施, 结合种苗放流等技术手段, 增殖和养护岛礁性生物资源; 重点推进休闲渔业的发展, 同时兼顾传统捕捞业。4 个海洋牧场的区位图如图 1 所示。

1.1 马鞍列岛海洋牧场

马鞍列岛海洋牧场位于嵊泗县马鞍列岛海域, 海洋特别保护区中心地段, 水深 10 ~ 40 m, 生态环境优良, 渔业资源丰富, 现已具备良好的人工栖息地改造基础和增殖放流条件。规划区内已建设有人工鱼礁区 2 个, 增殖放流点若干, 生

收稿日期: 2012-03-29

修回日期: 2012-09-03

基金项目: 国家农业公益性行业科研专项(201003068)

作者简介: 许 强(1986—), 男, 硕士研究生, 研究方向为渔业生态养护工程。E-mail: xuqiang19861002@163.com

通信作者: 章守宇, E-mail: syzhang@shou.edu.cn

态养殖区 2 个。该海域作为 863 课题——人工鱼礁海域生态调控示范区,一直有科研和资金的持续投入,前期积累了较为丰富的渔业资源和海域环境状况的数据资料。依据《规划》,马鞍列岛海洋牧场被规划为集栖息地改造、渔业资源增殖放流和鱼类行为控制于一体的试验性海洋牧场。

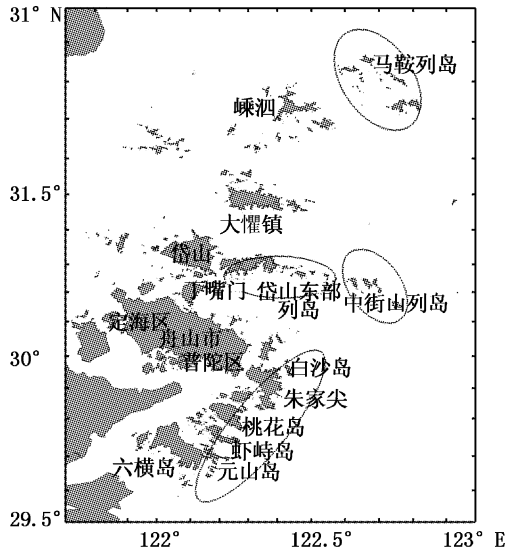


图 1 舟山市海洋牧场选址区位图

Fig.1 Sites selection of marine ranching in Zhoushan

1.2 岱山东部列岛海洋牧场

岱山东部列岛海洋牧场位于岱山县长途镇西南角“丁嘴门海区”,牧场所在地现为岱山县重要的浅海养殖基地,具有得天独厚的海水增养殖条件。海区水深 10 m 左右,波浪及流速相对较小,饵料生物丰富,水质良好;海区网箱养殖规模庞大,品种有大黄鱼、鲈鱼、黑鲷、美国红鱼、河豚、梭子蟹、牡蛎等,养殖水域因技术限制逐渐呈现拥挤。依据《规划》,岱山东部列岛海洋牧场将引进新型养殖方式,建设人工鱼礁,改善海区流场环境,放流以养殖饲料碎屑为主的鱼类,改善海区养殖水体的水质,建成集水产苗种繁育、暂养、水产饲料加工、水产养殖、水产品深加工,海洋环境监测为一体的综合型海洋牧场。

1.3 东极岛海洋牧场

东极岛海洋牧场位于普陀山中街山列岛庙子湖岛和青浜岛之间海域,水深 15 ~ 20 m,常年水清,贝、螺、藻类资源丰富,传统网箱养殖和贻贝养殖具有一定规模;海区是舟山市著名的天然乌贼产卵场,拥有固定增殖放流点若干个;该海

区还是舟山市重点发展的旅游观光地区之一,现已形成多个海钓点和体验型休闲渔业平台,配套设施相对完善。依据《规划》,东极岛海洋牧场将开展人工鱼礁和人工藻礁建设,扩大贻贝养殖和网箱养殖规模,以及加强乌贼、黑鲷、大黄鱼等经济鱼种的放流工作,以达到增强海区生产力,养护海区生态环境,调整地区渔业结构的目的。

1.4 马鞍—猫头洋海洋牧场

马鞍—猫头洋海洋牧场位于普陀区白沙岛、六横岛、桃花岛以东及其周边一带海域,水深 10 ~ 30 m,水色稍差,但海钓资源和旅游观光资源十分丰富,基础设施优良,交通条件较为优越;海区拥有数个增殖放流点,同时具备人工鱼礁建设基础。依据《规划》,马鞍—猫头洋海洋牧场将开展人工鱼礁建设,增加增殖放流数量和品种,特别是海钓品种,结合海区海钓基础设施和旅游观光资源重点发展休闲海钓事业;进一步建设海上浮式和固定式海钓平台,增设钓点,扩大海钓规模;适当开展贝藻类养殖,净化水体。

2 舟山市海洋牧场选址评价

2.1 评价指标的建立

海洋牧场选址受较多因素制约。从内部条件讲,海洋牧场的类型和海洋牧场的目标产物是决定海洋牧场选址的重要依据;从外部条件讲,海洋牧场选址受制于社会环境和自然环境两大方面要素的影响。本文讨论的海洋牧场选址建立在海洋牧场类型与目标产物已确定的前提下,因此在建立海洋牧场选址评价指标时,主要考虑海洋牧场建设选址的外部条件,即影响海洋牧场选址的社会环境和自然环境。

2.1.1 社会环境

社会环境是指剥离自然环境之外的一切与社会关系相关联的条件的总和,一般包括政治、经济、文化、科技等方面。海洋牧场选址的社会条件主要限定在渔业领域,具体包括相关的渔业政策、渔业产业规划、渔区经济水平、渔业科技水平、渔民素质和渔业基础设施等。

2.1.2 自然环境

自然环境是指剥离社会环境之外的自然界中一切自然物质和资源及其属性。海洋牧场选址的自然环境主要指海洋牧场所在海域的自然条件,主要包括空间、物理、化学和生物等,具体

包含海洋功能区划类型、可接近性、水深、流速、底质类型、水质、初级生产力和渔业资源状况等。

本文研究的对象区域限定在舟山市,因此可认为4个拟定海洋牧场选址的社会环境基本相同。结合有关学者的研究^[9-20],在咨询有关专家的基础上,本文选取海洋牧场选址自然环境中的“空间海洋”、“物理海洋”和“生物海洋”3个方面评价指标,具体包括“海洋功能区划”、“可接近性”、“水深”、“流速”、“坡度”、“水质”、“底质类型”、“初级生产力”和“渔业资源”9个典型指标,构建舟山市海洋牧场选址评价模型,对舟山市规划的“马鞍列岛”、“岱山东部列岛”、“东

极”、“洋鞍—猫头洋”4个海洋牧场选址进行评价。

2.2 层次结构模型的建立

根据层次分析法模型构建的基本方法^[21-22],海洋牧场选址评价的层次分析模型共分为目标层(A)、准则层(C)和方案层(P)。专家问卷调查环节得到“空间海洋”、“物理海洋”和“生物海洋”3个方面指标对海洋牧场选址评价具有同等重要的地位,因此无需将这3个指标以单独一个准则层的形式加入模型,最终得到舟山海洋牧场选址评价层次结构模型如图2所示。

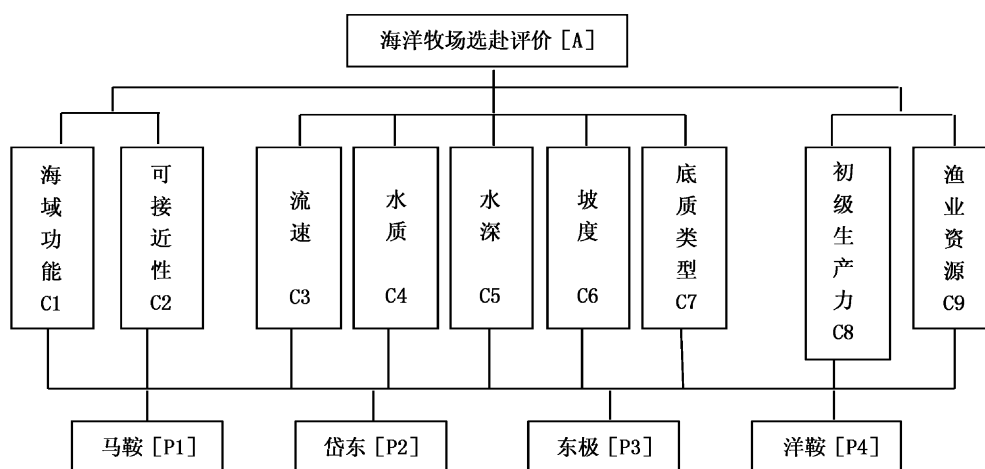


图2 海洋牧场选址评价的层次结构图

Fig. 2 Hierarchical structure model of marine ranching site evaluation

2.3 构造判断矩阵

运用“两两比较法”在每一个层次上,对该层指标进行逐对比较,构成判断矩阵。“两两比较法”及其描述见表1。

表1 两两比较法的1-9标度及释义
Tab. 1 Neighboring comparative method

标度	定义(比较因素 <i>i</i> 与 <i>j</i>)
1	因素 <i>i</i> 与因素 <i>j</i> 相同重要
3	因素 <i>i</i> 比因素 <i>j</i> 稍重要
5	因素 <i>i</i> 比因素 <i>j</i> 较重要
7	因素 <i>i</i> 比因素 <i>j</i> 非常重要
9	因素 <i>i</i> 比因素 <i>j</i> 绝对重要
2,4,6,8	因素 <i>i</i> 与因素 <i>j</i> 的重要性的比较值介于上述两个相邻等级之间
倒数	因素 <i>i</i> 与因素 <i>j</i> 比较得到判断值为与因素判断值的倒数

依照以上方法,本文采用专家问卷调查的形

式,以舟山市实际数据为基础,邀请舟山市海洋与渔业部门科研管理人员及海洋牧场领域专家,依照表2中的标度标准,对每个层次中各元素的重要性进行两两比较,最后对评分结果做简单的统计,得到目标层—准则层等10个判断矩阵。准则层(C)对目标层(A)建立的判断矩阵见表2,方案层(P)对准则层(C)建立的判断矩阵见表3。

2.4 判断矩阵计算及一致性检验

利用Yaahp 5.3R1软件对各判断矩阵进行计算,并进行一致性检验,检验引入一致性指标CI和一致性比率CR。其中,

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, CR = \frac{CI}{RI}, RI \text{ 为 } n \text{ 阶矩阵的随机}$$

指标,其值见表4。当 $CR \geq 0.1$ 时说明判断矩阵一致性太差;当 $CR \leq 0.1$ 时说明判断矩阵基本一致。

表 2 准则层(C)对目标层(A)的判断矩阵

Tab. 2 Judgment matrix of rule layer to target layer

A	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1	7	4	3	3	4	2	4	3
C2	1/7	1	2	1/2	1/3	1/2	1	1/3	1/4
C3	1/4	1/2	1	1/2	3	2	1	1/3	1/4
C4	1/3	2	2	1	1/2	2	3	1	1/2
C5	1/3	3	1/3	2	1	3	4	2	1
C6	1/4	2	1/2	1/2	1/3	1	1	1/2	1/3
C7	1/2	1	1	1/3	1/4	1	1	1/2	1/3
C8	1/4	3	3	1	1/2	2	2	1	1/2
C9	1/3	4	4	2	1	3	3	2	1

表 3 方案层(P)对准则层(C)各评价准则的判断矩阵

Tab. 3 Judgment matrix of project layer to rule layer

C1	P1	P2	P3	P4	C2	P1	P2	P3	P4	C3	P1	P2	P3	P4
P1	1	5	3	3	P1	1	3	2	1/2	P1	1	1	1/2	3
P2	1/5	1	1/3	1/2	P2	1/3	1	1/2	1/3	P2	1	1	1/2	1/3
P3	1/3	3	1	3	P3	1/2	2	1	1/4	P3	2	2	1	3
P4	1/3	2	1/3	1	P4	2	3	4	1	P4	1/3	3	1/3	1
C4	P1	P2	P3	P4	C5	P1	P2	P3	P4	C6	P1	P2	P3	P4
P1	1	3	1/2	3	P1	1	2	1	2	P1	1	1	1	1
P2	1/3	1	1/2	2	P2	1/2	1	1/2	1	P2	1	1	1	1
P3	2	2	1	5	P3	1	2	1	2	P3	1	1	1	1
P4	1/3	1/2	1/5	1	P4	1/2	1	1/2	1	P4	1	1	1	1
C7	P1	P2	P3	P4	C8	P1	P2	P3	P4	C9	P1	P2	P3	P4
P1	1	2	1	3	P1	1	2	1/2	2	P1	1	3	1	3
P2	1/2	1	1/2	2	P2	1/2	1	1/2	2	P2	1/3	1	1/2	1/2
P3	1	2	1	3	P3	2	2	1	2	P3	1	2	1	2
P4	1/3	1/2	1/3	1	P4	1/2	1/2	1/2	1	P4	1/3	2	1/2	1

2.5 结果与分析

准则层(C)对目标层(A)构成的判断矩阵计算及检验见表5。

方案层(P)对准则层(C)构成的判断矩阵计算及检验见表6。

表 4 n 阶矩阵的随机指标 RI
Tab. 4 Random Index (RI) of n-order matrix

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

表 5 准则层(C)对目标层(A)构成的判断矩阵计算结果及一致性检验

Tab. 5 Results of the judgment matrix of rule layer to target layer and consistency check

Wi	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CR
A	0.175 9	0.079 1	0.092 4	0.110 3	0.120 6	0.088 3	0.088 3	0.110 3	0.134 8	0.013 1

方案层(P)对目标层(A)构成的判断矩阵计算及检验见表7。

从准则层(C)对目标层(A)构成的判断矩阵计算结果可以看出,在所选取的9个海洋牧场选

址评价因素中,权重值较大的分别是“海洋功能区划(0.175 9)”、“渔业资源状况(0.134 8)”和“水深(0.120 6)”,分属于“空间海洋”、“生物海洋”和“物理海洋”。权重值相对排后的因素主要

是“可接近性(0.079 1)”、“坡度(0.088 3)”和“底质类型(0.088 3)”,分属于“空间海洋”和“物理海洋”。

表 6 方案层(P)对准则层(C)构成的判断矩阵计算结果及一致性检验

Tab. 6 Results of the judgment matrix of project layer to rule layer and consistency check

Wi	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
P1	0.358 4	0.269 9	0.260 3	0.281 9	0.274 9	0.25	0.286 6	0.261 2	0.301 6
P2	0.169 3	0.190 2	0.213 1	0.219 6	0.225 1	0.25	0.234 7	0.236 3	0.202 1
P3	0.265 5	0.210 2	0.302 5	0.327 5	0.274 9	0.25	0.286 6	0.288 7	0.272 9
P4	0.206 8	0.329 7	0.224 1	0.171 0	0.225 1	0.25	0.192 1	0.213 8	0.223 4
CR	0.005 6	0.005 6	0.024 5	0.009 4	0	0	0	0.003 7	0.003 7

表 7 方案层(P)对目标层(A)构成的判断矩阵计算结果及一致性检验

Tab. 7 Results of the judgment matrix of project layer to target layer and consistency check

Wi	P1	P2	P3	P4	CR
A	0.289 5	0.212 0	0.276 6	0.221 9	0.005 635
排序	1	4	2	3	-

从方案层(P)对目标层(A)构成的判断矩阵计算结果可以看出,舟山市规划的4个海洋牧场选址评价成绩(权重)依次是“马鞍列岛海洋牧场(0.289 5)”、“东极岛海洋牧场(0.276 6)”、“洋鞍—猫头洋海洋牧场(0.221 9)”和“岱山东部列岛海洋牧场(0.212 0)”。

层次分析法从提出至今,已在选址及评价领域有诸多应用,其科学的理论体系、成熟的运用经验,可以提高本文结果的准确性。在海洋牧场选址及评价领域,KENNISH等^[23]认为,海洋功能区划是实施海洋牧场选址的重要准则,在实际开展海洋牧场选址时,应将海洋功能区划作为首要的评价因素,功能区划冲突或不符合海洋牧场利用的区域首先被排除;BARBER等^[19]认为渔业资源水平能反映某一海区水质、初级生产力、海洋功能区划等众多海洋要素的综合情况。一般情况下渔业资源水平高、渔业群落结构合理且稳定则说明该区域海洋生态环境相对优异,适合海洋生物的生长;TSENG等^[18]在研究人工渔礁选址时,选取了水深、底质类型、坡度、可接近性和靠近渔场距离5个评价指标,结果表明“水深”评价要素的权重值最高(0.416),其次依次是坡度(0.331)、底质类型(0.141)、可接近性(0.074)、和距渔场距离(0.038);坡度和底质类型由于涉

及的范围较小,在4个海域均可以找到适宜的区域,海区间差异性不明显,因此权重值相对较低;可接近性则由于地区整体交通水平的优势,导致4个海区间的细微差异不明显。

本文评价过程中涉及的要害权重值与前人研究结果基本相符,部分指标的权重值存在差异,这可能是由研究对象之间的差异及调查专家的经验差异所导致。研究结果对于舟山市实施分类、分阶段、有主次的海洋牧场建设具有科学的参考价值。

3 结语

将层次分析法运用到海洋牧场选址的评价工作中具有较强的实用性,该方法结合定性分析和定量计算为一体,对提高海洋牧场选址评价的科学性、有效性、准确性具有较好的参考价值;使用层次分析法在构建判断矩阵时所采用的1-9标度法,往往要求打分者是特定领域的专家方可使结果具有说服力,可即便如此,专家在使用1-9标度法时仍然较为主观,不同专家可能给出差异较大的判断;近年来基于传统AHP发展起来的模糊AHP、变权综合AHP、以及基于AHP的综合分析法的发展,已成为更为科学的决策手段^[26-28],海洋牧场选址是在该领域的新问题,可尝试运用一些新的决策方法,实现海洋牧场选址。

参考文献:

- [1] 陈秀忠. 打造宁波的海洋牧场. [J]. 宁波经济, 2011(2): 13-15.
- [2] 林上军. 舟山鱼儿栖息人工鱼礁[N]. 浙江日报, 2009-12-10(2).
- [3] 王亚民, 郭冬青. 我国海洋牧场的设计与建设[J]. 中国水产, 2011(4): 25-27.

- [4] 张国胜,陈勇,张沛东,等. 中国海域建设海洋牧场的意义及可行性[J]. 大连水产学院学报,2003,18(2):141-144.
- [5] 刘舜斌. 建设海洋牧场是舟山渔业的新希望[J]. 海洋开发与管理,2008,25(2):149-152.
- [6] 孙书贤. 建设海洋牧场发展新型生态渔业[J]. 海洋开发与管理,2005,22(6):81-83.
- [7] 杨瑾,王维. 建设海上牧场振兴海洋渔业经济[J]. 海洋开发与管理,2011,28(9):126-129.
- [8] 舟山市海洋与渔业局. 舟山市海洋功能区划[R]. 舟山:舟山市海洋与渔业局,2006:4-5.
- [9] FAST D E, PAGEN F A. Comparative observations of an artificial tire reef and natural patch reefs off southwestern Puerto Rico[C]// COLUNGA L, STONE R. Proceedings, Artificial Reef Conference. Texas A & M University, 1974: 49-50.
- [10] NAKAMURA M. Hydraulic structure of reef[R]// VIK S F. Japanese artificial reef technology. Aquabio Inc, 2957 Sunset Blvd, Bellair Bluffs, Fla Tech Rep, 1982: 165-179.
- [11] 邵广昭. 北部海域设置人工鱼礁之规划研究[J]. 中央研究院动物所专刊,1988(12):1-122.
- [12] 张怀慧,孙龙. 利用人工鱼礁工程增殖海洋水产资源的研究[J]. 资源科学,2001,23(5):6-10.
- [13] 徐汉祥,王伟定,金海卫,等. 浙江沿岸休闲生态型人工鱼礁初选点的环境适宜性分析[J]. 海洋渔业,2006,28(4):278-284.
- [14] 赵海涛,张亦飞,郝春玲,等. 人工鱼礁的投放区选址和礁体设计[J]. 海洋学研究,2006,24(4):69-76.
- [15] CULTER J K, TRUITT C. Artificial Reef Construction as a Soft Bottom Habitat Restoration Tool [R]. Mote Marine Laboratory Technical Report, 1997: 43.
- [16] 石建高,王鲁民,徐君卓,等. 深水网箱选址初步研究[J]. 现代渔业信息,2008,23(2):9-12.
- [17] WRIGHT R, RAY S, GREEN D R, et al. Development of a GIS of the Moray Firth and its application in environmental management (site selection for an 'artificial reef') [J]. The Science of the Total Environment, 1998: 65-76.
- [18] TSENG C T, LIU C C, HUANG C S, et al. GIS-assisted site selection for artificial reefs [J]. Fisheries Science, 2001, 67: 1015-1022.
- [19] BARBER J S, CHOSID D M, GLENN R P, et al. A systematic model for artificial reef site selection [J]. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 2009, 43:283-297.
- [20] 许强,刘舜斌,许敏,等. 海洋牧场建设选址的初步研究——以舟山为例[J]. 渔业现代化,2011,38(2):27-31.
- [21] 赵焕臣,许树柏,和金生. 层次分析法[M]. 北京:科学出版社,1986.
- [22] 王莲芬,许树柏. 层次分析法引论[M]. 北京:中国人民大学出版社,1990.
- [23] KENNISH R, KEITH D P, JOHN L, et al. Selecting sites for large-scale deployment of artificial reefs in Hong Kong. [J]. Journal of Marine Science, 2002, 59: 164-170.
- [24] 杨宝安,张科静. 多目标决策分析理论、方法与应用研究[M]. 上海:东华大学出版社,2008.
- [25] 李春好,孙永河,贾艳辉,等. 变权层次分析法[J]. 系统工程理论与实践,2010(4):723-731.
- [26] 姚敏. 一种实用的模糊层次分析法[J]. 软科学,1990,4(1):46-52.

Site selection evaluation of marine ranching in Zhoushan area based on AHP method

XU Qiang, ZHANG Shou-yu

(College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to construct marine ranching in Zhoushan effectively, after analyzing the factors affecting the site selection of marine ranching, using AHP method to build up the evaluation model, we set up judgment matrix by delphi method, using Yaahp 5.3R1 software to evaluate the judgment matrix, and checked the consistency of judgment matrix, at last, obtained the weight value of the different projects. The result showed that the preferential order of the four sites selection is Ma'an archipelago marine ranching (0.289 5), Dongji island marine ranching (0.276 6), Yang'an-Maotou marine ranching (0.221 9), and East Daishan island marine ranching (0.212 0). Zhoushan City could give priority to funding and project to construct Ma'an archipelago marine ranching and Dongji island marine ranching.

Key words: site selection of marine ranching; analytic hierarchy process; evaluation; Zhoushan