

成王玉, 刘永学, 李满春, 等. 基于 AHP 与模糊综合评价方法的南沙东部岛礁战略价值评价[J]. 热带地理, 2013, 33(4): 381-386.

基于 AHP 与模糊综合评价方法的南沙东部岛礁战略价值评价

成王玉¹, 刘永学², 李满春¹, 陈振杰¹, 李飞雪¹

(1. 南京大学 a. 江苏省地理信息技术重点实验室; b. 地理与海洋科学学院, 南京 210023; 2. 南京大学 中国南海研究协同创新中心, 南京 210093)

摘 要: 南沙群岛是沟通太平洋与印度洋、联系亚欧大陆的交通要冲, 具有重要的战略地位, 在目前南沙众多岛礁被南海周边国家非法占据的背景下, 控制未占领岛礁是维护我国主权和领土完整的有效手段, 评价未占领岛礁的战略价值具有深远意义。研究基于 AHP 和模糊综合评价方法, 选取五方礁、信义礁、海口礁、半月礁、舰长礁 5 座环礁为研究对象, 通过建立评价要素指标体系, 构建模糊综合评价模型, 从主权价值、军事价值、航道控制价值和资源控制价值 4 个方面对岛礁战略价值进行综合评价, 分析其战略意义和建设潜力结果显示, 5 个环礁的岛礁战略价值从高到低分别为五方礁(90.57)、半月礁(86.99)、信义礁(74.09)、舰长礁(65.94)、海口礁(58.12), 其中五方礁和半月礁战略价值最高, 具有很大的发展潜力。

关键字: 南海; 未占领岛礁; AHP; 模糊综合评价; 战略价值

中图分类号: P737.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-5221(2013)04-0381-06

南海诸岛位于中国海南岛东面和南面海域, 岛礁范围 3°58′-21°06′N, 109°36′-117°50′E。根据位置不同分为东沙群岛、西沙群岛、中沙群岛和南沙群岛。南沙群岛位于中国南疆最南端, 是南海诸岛中岛礁最多、散布范围最广的椭圆形珊瑚礁群。目前, 西沙和中沙群岛由我国实际控制, 东沙群岛由我国台湾实际控制, 南沙群岛则被有关国家和地区分割占领, 其中, 我国(包括台湾省)共控制 8 个岛礁, 越南占据 29 个岛礁, 菲律宾占据 8 个岛礁, 马来西亚占据 6 个岛礁, 文莱占据 1 个岛礁。南沙群岛地处太平洋与印度洋之间, 是联系亚欧大陆的交通要冲, 多条国际海运线和航空运输线必经此地, 同时也是扼守马六甲海峡、巴士海峡、巴林塘海峡、巴拉巴海峡等的关键要冲, 又位于越南金兰湾基地和菲律宾苏比克湾基地之间, 独特的地理位置决定了其重大的战略价值, 具有重要的战略地位。

环礁是呈环带状围绕着封闭、半封闭潟湖生长发育的一种珊瑚礁。其面积相对较大, 且潟湖具有

建设港口的潜力, 能有力支撑渔业生产和军港建设。南沙群岛多为环礁, 位于南海中心位置, 是远洋渔业、海产生产、对外交通、军事基地以及科学研究的重点区域^[1]。纵观南沙群岛占领现状, 越南基本控制了南沙中西部海域, 菲律宾基本控制了南沙北部海域, 马来西亚基本控制了南沙南部海域, 而未占领岛礁多分布于南沙东部, 具有较大战略意义和价值。

国内外岛礁研究目前多集中于地质水文、生态资源、历史争端等, 而对其战略价值研究相对较少, 且多针对群岛整体进行分析, 而较少从具体岛礁入手。同时, 岛礁战略价值评价涉及多因素制约, 影响因素存在模糊、难以量化的问题, 而模糊综合评价方法^[2]可以把定性评价转化为定量评价, 即用模糊数学对受到多种因素制约的事物或对象做出一个总体的评价。AHP (Analytic Hierarchy Process)^[3]即层次分析法, 可有效解决复杂系统多属性问题中权重的确定。鉴于此, 本文选取南沙群岛东部未占领岛礁中的五方礁、信义礁、海口礁、半月礁、舰

收稿日期: 2013-06-25; 修回日期: 2013-07-23

基金项目: 国家高技术研究发展计划课题“南海及其邻域空间情势综合分析决策模拟系统”资助(编号: 2012AA12A406)

作者简介: 成王玉(1990-), 女, 陕西渭南人, 硕士研究生, 研究方向为海洋遥感与 GIS, (E-mail) chengwangyu121@163.com。

通讯作者: 刘永学(1976-), 男, 江苏扬州人, 教授, 研究方向为 GIS 与遥感应用, (E-mail) yongxue@nju.edu.cn。

长礁 5 座环礁为研究对象，基于 AHP 和模糊综合评价方法，从主权、军事、航道控制、资源控制 4 个方面对岛礁战略价值进行综合评价，以期为国家开发和管理南沙群岛、维护主权领土完整、制定海洋发展战略提供参考和依据。

1 研究区和数据

1.1 研究区

以南海为区域研究范围，即中国大陆、台湾岛、巴布延群岛、吕宋岛、民都洛岛、卡拉棉群岛、巴拉望岛、加里曼丹岛、纳吐纳群岛、中南半岛所环

抱的海域(图 1-a);选取南沙东部环礁为评价对象(图 1-b),包括五方礁、信义礁、海口礁、半月礁、舰长礁 5 座环礁。

五方礁(图 1-c)位于 $10^{\circ}27'-32'N$, $115^{\circ}41'-48'E$, 在马欢岛西南约 10 n mile, 呈圆形, 直径 10.5 km, 面积约 75 km^2 ; 环礁上发育有五方头、五方尾、五方南、五方北和五方西 5 块大礁, 干出面积 6.3 km^2 , 潟湖面积 69 km^2 , 水深 18.3~47.6 m, 有西北门、东门、西门和北门 4 个主要礁门通海; 除西北口门外, 其他口门可供大型船只进出, 湖内有锚地, 但天气恶劣时不起保护作用。

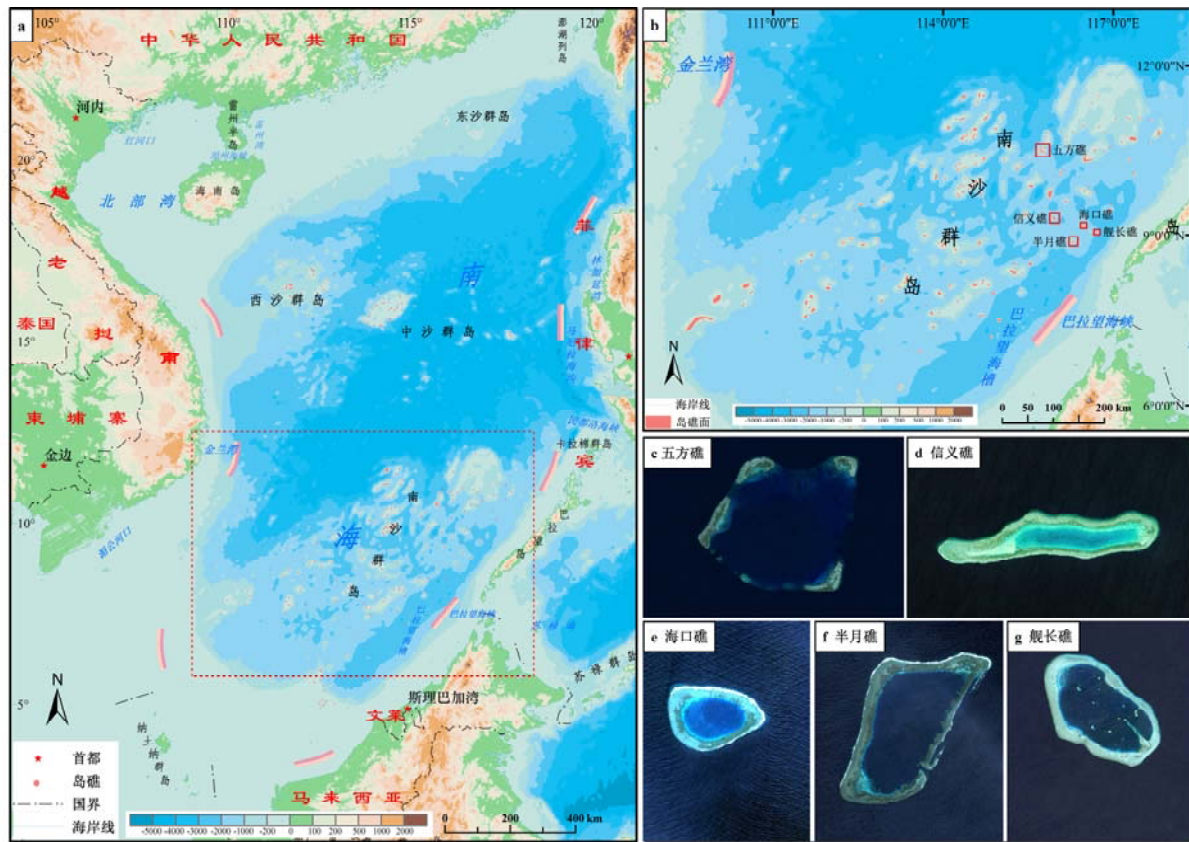


图 1 研究区区位

Fig.1 Location map of study area

信义礁(图 1-d), 位于 $9^{\circ}20'N$, $115^{\circ}57'E$, 东西长 7.5 km, 宽 4.6 km, 退潮时露出, 涨潮时淹没, 有几块巨大的礁石高出海面 1 m; 潟湖完整, 但没有口门发育, 船不能驶入; 东端礁坪上发育有小沙洲, 有利于建设港口。

海口礁(图 1-e), 位于 $9^{\circ}11'N$, $116^{\circ}27'E$, 在信义礁东约 20 n mile, 为一完整的珊瑚环礁, 无礁门; 长约 2.6 km, 宽约 1.8 km; 礁湖水深, 低潮时

整个环礁露出。

半月礁(图 1-f), 位于 $8^{\circ}52'N$, $116^{\circ}16'E$, 其东南部被海水淹没, 形成口门, 可进入 300 t 渔船; 环礁较狭窄, 西北到东南为 5.5 km, 宽 1.8 km, 东南有倾斜岩层出露, 高出海面 3 m; 浅湖平均水深 27.4 m, 口门水深 12.8 m, 湖底为珊瑚沙; 渔业资源丰富, 且有好的锚地和天然避风港湾, 是我国渔民捕捞的主要基地之一。

舰长礁(图 1-g),位于 9°01'N, 116°40'E,长 3.3 km,宽 1.8 km;礁盘上有众多礁头,部分高出海面,退潮出露 1.3 m;水深 27.4~31.1 m,内有点礁发育,但没有口门,小船可在高潮时从礁盘上驶入浅湖;位置靠近巴拉望水道。

1.2 研究数据

(1)国家、海岸线等矢量数据,比例尺为 1:1 000 000,数据来源于全球行政区划网站。岛礁数据根据中华人民共和国海南省三沙市地图矢量化得到。

(2)岛礁礁坪面积、潟湖面积、领海及专属经济区面积、油气盆地储量,渔获量等数据来源主要为相关的调查报告和遥感信息数据等^[4-11];渔获量为 1998 和 2002-2004 年评价岛礁水域渔获量^[12];岛礁位置与补给基地、航线、海峡、油气盆地、渔区等的距离采用 ArcGIS 进行地图测量。

(3)水深数据来源于英国海洋数据中心(British Oceanographic Data Center, BODC)提供的栅格水深数据 GEBCO_08 Grid,分辨率为 30"×30"。

(4)航线情况利用 Voluntary Observing Ship (VOS)^[13]数据。VOS 数据记录了参与 VOS 计划的船舶位置和其他信息,使用多年的 VOS 舰船点可以构建航线。研究收集了 2003-2011 年间南海的 VOS 数据。

2 评价方法

模糊综合评价方法是以模糊数学为基础,运用模糊变换原理的定性定量相结合、精确与非精确相统一的分析评价方法,在地理学中常被应用于资源与环境条件评价、生态价值评价、区域可持续发展等各个方面^[14]。岛礁战略价值评价是一个多属性评价问题,其内部要素之间的相互作用关系及各要素对评价结果的影响程度难以精确衡量,即具有“模糊性”特征。模糊综合评价法可有效解决上述问题。

2.1 评价要素指标体系建立

评价要素的选择与指标体系的建立是岛礁战略价值评价的前提和基础。指标选取得合理与全面直接影响评价结果的客观和准确。以数据的易获取性、准确性和有效性为标准,研究从主权价值、军事价值、航道控制价值和资源控制价值 4 方面属性选取了 9 个要素共 19 个指标对岛礁战略价值进行综合评价(图 2-a)。

根据《联合国海洋法公约》,五方礁、信义礁、海口礁、半月礁及舰长礁均享有 12 n mile 领海和 12 n mile 毗邻区海域,但不具有专属经济区和大陆

架。

在南海诸岛建设军事基地,不仅能够扩大国家防御的战略纵深,强化对岛礁的实际控制,还能够对周边国家和地区产生巨大的威慑。军事价值包括海军军事基地建设潜力和空军军事基地建设潜力。对于珊瑚岛礁而言,建设海军军事基地需要满足以下条件:①水深条件:港区水深能够驻泊大型舰艇,评价岛礁均能满足;②通航条件:航道畅通,能够安全行驶,均能满足;③避风条件:主要考虑环礁是否具有封闭性潟湖;④设施条件:能够建设军营等基地设施,主要考虑礁坪面积。建设空军军事基地需要满足以下条件:①跑道场地条件:礁坪上应当有足够长度的空间,能够满足多种飞机起降,且跑道的方向应当与当地的盛行风向一致,侧风不利于飞机起降。作为海上要塞,岛礁空军军事基地至少应当能够拥有战斗机和运输机,我国的歼 10 战斗机在满负荷情况下起降距离均在 1 000 m 以下,C130 大型运输机的起飞滑翔距离为 1 091 m,着陆滑跑距离为 838 m,可见 1 200 m 的跑道长度可满足需求,另一方面,南海的盛行风主要为东北风和西南风,因此应选择 NE-SW 走向的礁坪建设跑道,通过图形量算可以得到分析对象是否具备跑道场地条件;②后勤条件:在低潮高地上修建跑道必须先建设大型人工岛,工程量极大,需要有后方强有力的支持,研究认为其与评价岛礁到三亚军事基地的距离成反比;③设施条件:参考海军基地指标。

航道邻近度、海峡邻近度、渔区邻近度均认为与评价岛礁到航道、海峡、渔区的距离成反比。研究中距离均为欧氏距离。

评价体系中各指标具有不同的特征,有其各自的量纲和分值,很难直接对这些因素进行比较或者运算。所以,各指标需要经过标准化处理得到指标值。由于生成的指标值均表示岛礁战略价值,因此采用最大值标准化法将指标标准化到 0~100 之间(公式 1)。

$$U'_{ijk} = \frac{U_{ijk}}{\max} \times 100 \quad (1)$$

式中, U'_{ijk} 为各指标标准化后的结果, U_{ijk} 为各指标,max 为指标体系各子集的最大值。

2.2 模糊综合评价模型

由评价指标体系的层次结构,建立 3 级评价模型(图 2-b)。

一级模型是一级指标体系 $U_i (i=1, 2, \dots, n; n=4)$ 建立在属性集合 U 上的,即 $U_i \rightarrow U$ 模型。

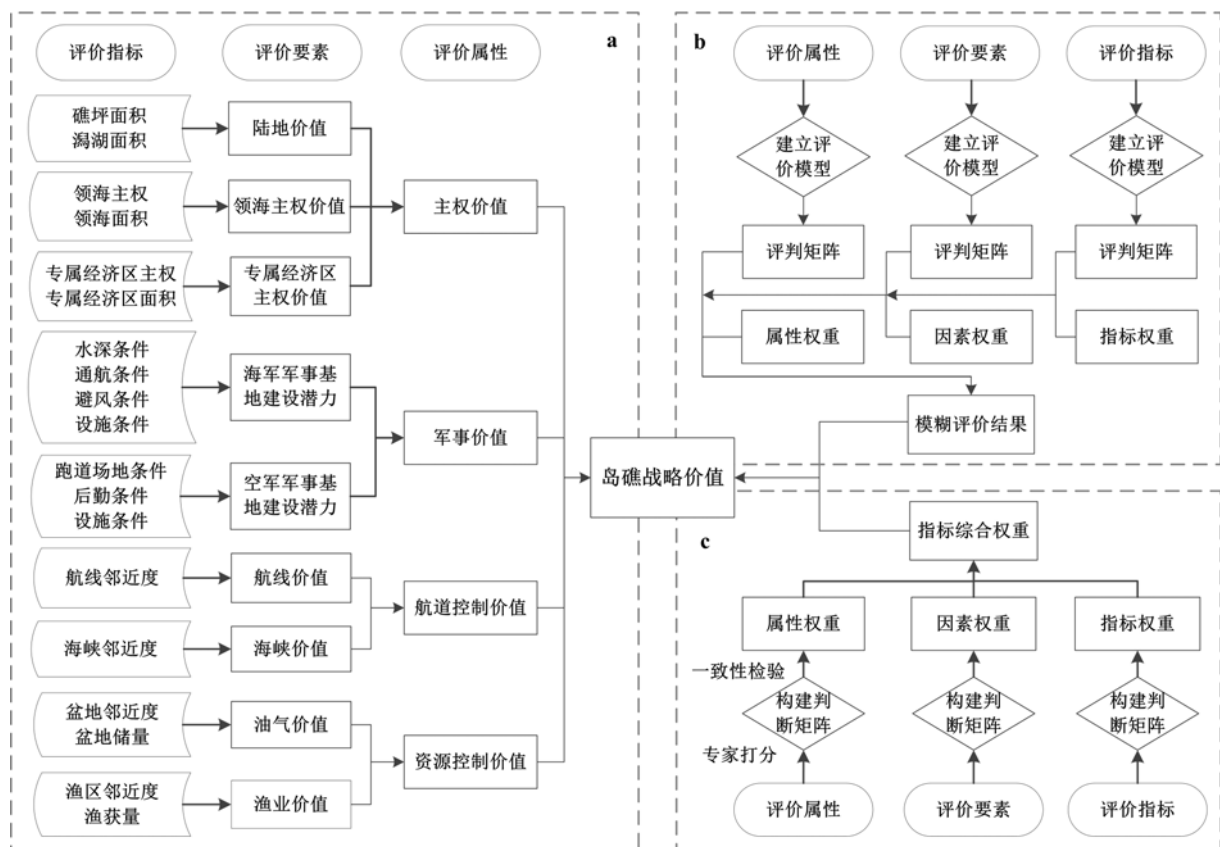


图2 技术流程

Fig.2 Technique flow chart

二级模型是二级指标体系 $U_{ij} (j=1, 2, \dots, n_j; n_j=2, 3)$ 建立在一级指标体系 U_i 上的, 即 $U_{ij} \rightarrow U_i$ 模型。

三级模型, 是具体的评价指标 $U_{ijk} (k=1, 2, \dots, n_k; n_k=1, 2, 3, 4)$ 建立在二级指标体系 U_{ij} 上的, 即 $U_{ijk} \rightarrow U_{ij}$ 的模型。

先确定评价集合 $V = \{V_1, V_2, \dots, V_m\}$, 对属性集合 $U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$ 中 n 个因素进行单因素评判, 得到 U_i 的评判矩阵 $R = (r_{ij})_{n \times m}$, 对 U_i 进行模糊综合评价 (公式 2) [2]。

$$\tilde{B} = \tilde{A} \circ R = (a_1, a_2, \dots, a_m) \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

其中 \tilde{A} 为权重系数向量, 即 U 上的一个模糊子集, “ \circ ” 为模糊运算符, 表示广义的合成运算, 且 $0 \leq a_i \leq 1, \sum a_{ni} = 1$ 。

应用上述方法对评价体系从底层向上逐层进行评价, 采用普通矩阵乘法, 经过合成运算, 得到综合评价结果。

2.3 评价指标权重确定方法

对于综合评价, 指标权重的确定对评价结果有决定性的影响[15]。AHP 是一种将决策者对复杂系统的决策思维过程模型化、数量化的分析方法, 目前被广泛应用于权重的确定。研究采用专家打分与层次分析相结合的方法来确定各指标权重 (图 2-c)。在充分咨询相关领域专家意见的基础上, 对专家打分结果进行汇总, 从指标层开始构建各层次判断矩阵, 计算判断矩阵的最大特征值和特征向量, 对特征向量进行归一化处理, 确定指标权重, 并对权重的判断矩阵进行一致性检验。AHP 在进行一致性检验时, 需考虑一致性指标 (公式 3) 和一致性比例 (公式 4) [3]。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

式中, λ_{\max} 为最大特征根, n 为判断矩阵的阶数。当完全一致时, $C=0$, CI 值越大表明一致性越

差。

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

式中, RI 为平均一致性指标, 可以通过查表获得。当 $CR < 0.1$ 时, 即可认为判断矩阵具有完全的一致性, 否则就要调整判断矩阵的元素取值。

3 结果与分析

3.1 评价体系指标权重

根据 AHP 法得到各级指标权重, 并计算得到最终各指标的综合权重(表 1)。由结果可以看出:

表 1 评价体系指标权重

Tab.1 Index weights of evaluation system

评价属性/权重	评价要素/权重	评价指标/权重	综合权重
主权价值 0.533 0	陆地价值 0.637 0	礁坪面积 0.75	0.254 6
		潟湖面积 0.25	0.084 9
	领海主权价值 0.258 3	领海主权 0.875	0.120 5
		领海面积 0.125	0.0172
专属经济区 主权价值 0.104 7	专属经济区主权 0.875	0.048 8	
	专属经济区面积 0.125	0.0070	
岛礁战略价值 0.310 7	军事价值 0.310 7	水深条件 0.561 2	0.130 8
		海军军事基地 建设潜力 0.75	通航条件 0.248 6 0.057 9
		避风条件 0.095 1	0.022 2
	空军军事基地 建设潜力 0.25	设施条件 0.095 1	0.022 2
		跑道场地条件 0.637 0	0.049 5
		后勤条件 0.258 3	0.020 1
航道控制价值 0.113 6	航线价值 0.25	航线邻近度 1	0.028 4
		海峡邻近度 1	0.085 2
资源控制价值 0.067 7	油气价值 0.833 3	盆地邻近度 0.75	0.026 7
		盆地储量 0.25	0.008 9
	渔业价值 0.166 7	渔区邻近度 0.75	0.005 3
		渔获量 0.25	0.001 8

在评价属性中, 主权价值最为重要, 这也是南沙群岛问题的焦点, 是存在争议最多的地方, 其中陆地条件要素作用力较大, 礁坪面积和潟湖面积反应了环礁的自身条件和发展潜力, 是建设岛礁的关键, 较为重要, 同时环礁面积也会直接影响领海和专属经济区面积, 而领海主权属于国家领土的组成部分, 相对于专属经济区更为重要; 其次为军事价值, 即岛礁建设军事基地的潜力, 因环礁自身特点及所处区域限制, 海军军事基地建设条件较为成熟, 且需求迫切; 航道控制有利于掌握海上交通线, 海峡价值较重要; 资源控制决定经济开发价值, 油气资源优于渔业资源。

文中各判断矩阵的最大特征根、特征向量等借助 MATLAB 软件包计算, 并根据结果计算一致性指标。各层次一致性检验的 CR 值表明各判断矩阵均具有一致性, 计算所得各指标综合权重可用于计算岛礁战略价值。

3.2 岛礁战略价值评价结果

根据上述模糊综合评价方法, 通过计算, 5 个环礁的岛礁战略价值从高到低分别为五方礁(90.57)、半月礁(86.99)、信义礁(74.09)、舰长礁(65.94)、海口礁(58.12)。

五方礁的评价结果在 90 分以上, 战略价值最高, 主要原因是其礁盘情况在评价岛礁中条件优越, 尤其是潟湖面积巨大, 相应领海面积较大, 且有建设港口、营地等的潜力, 此外, 五方礁距离三亚军事基地、航线、渔区等距离相对较近, 邻近度较高。有较好的开发价值。

半月礁评价结果在 85 分以上, 战略价值很高, 其礁坪面积和潟湖面积相对较大, 环礁自身条件较好, 建设潜力较大, 且盆地、渔区邻近度高, 开发潜力大。

信义礁评价结果接近 75 分, 战略价值较高, 其礁坪面积较大, 设施建设较有优势; 舰长礁、海口礁战略价值在 60 分左右, 礁坪和潟湖面积较小。但这三个环礁水深条件、封闭性等较好, 且渔区邻近度高, 可建设渔区或避风中转地。

4 结论与讨论

目前南海周边各国宣称的主权区域重叠严重, 我国南海主权受到严重挑战, 在此背景下, 控制岛礁是维护南沙群岛最直接最有效的手段和措施。我国在南沙群岛共有 8 个守备岛礁, 包括台湾驻军的太平岛, 在进一步发展现有守备岛礁的同时, 应具有前瞻性的战略意识, 重视未占领岛礁, 抓住时机发展新的守备岛礁。

根据岛礁战略价值评价结果, 五方礁和半月礁具有很大的发展潜力。五方礁扼守南沙群岛东北部, 邻近马欢岛, 靠近礼乐滩, 且礁盘面积较大, 军事基地建设条件良好, 潟湖改良后有很大发展潜力。半月礁位于南华水道和南沙海槽交汇点, 环礁内潟湖适合建港, 并是良好渔场, 其建成小型军港或渔业基地潜力较大。信义礁、舰长礁和海口礁战略价值相对较小, 但依然具有重要的战略意义, 且位于越占岛礁和菲律宾之间, 地理位置重要, 可在控制五方礁、半月礁后考虑将其发展为后备基地。

为早日收复南海周边国家非法占据的南沙群岛岛礁,维护国家主权与领土完整,未占领岛礁的战略意义重大。实际控制并有效利用未占领岛礁,与南沙已控制区域形成战略网络体系,配合西沙、中沙军事力量,能大力提升中国在南海的控制能力,有效扩大中国的战略纵深,明显改善中国的战略防御局面,同时有利于掌握南海油气资源和海上交通线等。此外,南沙群岛岛礁基本为珊瑚礁,随着珊瑚礁体的发育,部分未出露的礁体逐渐出露水面,部分出露水面的礁体面积逐渐增大,应加强对各岛礁的监测,及时掌握变化信息,尽早实施有效保护和管理。

参考文献:

- [1] 曾昭璇. 中国环礁的类型划分[J]. 海洋通报, 1982, 04: 43-50.
- [2] L A Zadeh. Fuzzy sets [J]. Information and Control, 1965(8): 338-353.
- [3] T L Saaty. The analytic hierarchy process [M]. Landon: McGraw Hill Company, 1980.
- [4] 广东省地名委员会. 南海诸岛地名资料汇编[Z]. 广州: 广东省地图出版社, 1987.
- [5] 中国科学院南沙综合科学考察队. 南沙群岛及其邻近海区综合调查报告(一)[M]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [6] 陆夫才. 海南省海岛资源综合调查研究报告[M]. 北京: 海洋出版社, 1996.
- [7] 南沙海域环境质量研究专题组. 南沙群岛及其邻近海域环境质量研究[M]. 北京: 海洋出版社, 1996.
- [8] 刘宝银. 南沙群岛遥感融合信息特征分析与计量[M]. 北京: 海洋出版社, 2002.
- [9] 海洋发展战略研究所课题组. 中国海洋发展报告 2010[M]. 北京: 海洋出版社, 2010.
- [10] 金庆焕. 南海地质与油气资源[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [11] 刘振湖. 南沙海域沉积盆地与油气地质条件[J]. 南海地质研究, 2003, 15(00): 35-45.
- [12] 李永振. 南海珊瑚礁鱼类资源[M]. 北京: 海洋出版社. 2007: 215-217, 220-227.
- [13] E Kent, G Ball, D Berry, et al. The voluntary observing ship scheme [C]. Proceedings of the OceanObs 9. 2010.
- [14] 徐建华. 现代地理学中的数学方法(第五版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002, 319-330.
- [15] N Hanley, I Moffatt, R Faichney, et al. Measuring sustainability: A time series of alternative indicators for Scotland [J]. Ecological Economics, 1999, 28: 55-73.

Strategic Value Evaluation of the Atolls in the Eastern Nansha Islands Based on AHP and Fuzzy Comprehensive Evaluation Method

CHENG Wangyu¹, LIU Yongxue², LI Manchun¹, CHEN Zhenjie¹, LI Feixue¹

(1 a. Jiangsu Provincial Key Laboratory of Geographic Information Science and Technology; b. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, China; 2. Collaborative Innovation Center for the South China Sea Studies, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: As the communications center among the Pacific, the Indian Ocean and Eurasia, the Nansha Islands plays an increasingly pivotal strategic role in the future. Currently, as many islands and reefs have been illegally occupied by surrounding countries, controlling the unoccupied reefs would be an effective approach for China to safeguard state sovereignty and territorial integrity. Consequently, to evaluate the strategic value of unoccupied reefs is significant. In this paper, the research approach is based on AHP and fuzzy comprehensive evaluation. Five atolls are selected as research objects, which are Wufang Atoll, Xinyi Shoal, Haikou Shoal, Banyue Shoal, Jianzhang Shoal, respectively. Through establishing norm index system of evaluation and constructing fuzzy comprehensive evaluation model, the paper comprehensively estimates strategic value of the reefs and analyzes their strategic importance and potential from four aspects: sovereign value, military value, sea channel controlling value and resource controlling value. Results show that the strategic values of the atolls from high to low are Wufang Atoll (90.57), Banyue Shoal (86.99), Xinyi Shoal (74.09), Jianzhang Shoal (65.94), and Haikou Shoal (58.12). The strategic values of Wufang Atoll and Banyue Shoal are the highest, they have great development potential.

Key words: South China Sea; unoccupied reefs; AHP; fuzzy comprehensive evaluation; strategic value