

第一章 海洋资源产业化发展相关理论

第一节 海洋资源承载力理论

“承载力”一词来源于工程地质领域，本意是指地基强度对其上建筑物的负重能力。由于土地退化、环境污染和人口膨胀等原因，生态学最早将此概念引入学科领域中。

一、资源承载力理论

1. 承载力概念的提出与兴起

1758年，法国经济学家奎士纳(Francois Quesnay)发表了《经济核算表》一书，在书中讨论了土地生产力与经济财富的关系。1798年，马尔萨斯率先提出资源环境对人类社会物质增长的限制。之后，比利时数学家Verhust用数学形式表达马尔萨斯的理论，将马尔萨斯的资源有限并影响人口增长的观点用逻辑斯谛方程的形式表示出来。在Verhust的逻辑斯谛方程中，因子K指环境的容纳能力，即一定资源空间下承载人口的最大值。用容纳能力指标反映环境约束对人口增长的限制作用可以说是现今研究承载力的起源。随后，逻辑斯谛方程一直被不断地修正并广泛应用于种群和群落生态学，容纳能力概念的发展集中在生态学和人口统计学领域。

1921年，帕克（Park）和伯吉斯（Burgess）在人类生态学领域首次提出了承载力的概念（Carrying Capacity），即在某一特定环境条件下，某种个体存在数量的最高极限。19世纪80年代后期至20世纪初期，生态学中承载力概念开始拓展并应用到土地资源承载力研究中。随着工业化国家的迅速发展，对资源的需求不断增加，承载力研究在人口学、资源学和环境科学等领域相继展开，并成为进行定量评价的重要指标。

2. 资源承载力

早在20世纪80年代初，联合国教科文组织（UNESCO）就将资源承载力定义为“在可以预见的时期内，利用本地资源及其自然资源和智力、技术等条件，在保证符合其社会文化准则的物质生活水平条件下，所能持续供养的人口数量”。我国学者牛文元（1994）进一步将资源承载力定义为“一个国家或一个地区资源的数量和质量，对该空间内人口的基本生存和发展的支撑力”。在实践中，资源包括土地资源、旅游资源、水资源和矿产资源等。

之后，土地资源承载力、水资源承载力、森林资源承载力、矿产资源承载力等单要素承载力概念被提出并逐渐兴起。近半个世纪以来，国内外对资源承载力，特别是对土地资源承载力进行了大量的研究。继土地资源承载力研究之后，水资源承载力研究开展较多，并多被纳入可持续发展理论中。

二、海洋资源承载力研究

海洋资源亦是资源的一种。海洋资源承载力作为单要素承载力的一种，其定义可借鉴资源承载力的相关研究定义，即在一定时期内，海洋资源系统所能承载的人类各种社会经济活动或物质生活水平条件的能力。

对海洋资源承载力的研究，有定性研究和定量研究两方面。定性研究主要是分析海洋资源承载力的构成，研究海洋资源承载力支撑了哪些人类社会经济活动的部分，或者提供了哪些人类物质生活水平的条件。定量分析主要是研究海洋资源承载力的大小，探讨影响海洋资源承载力的变量，确定适合测量海洋资源承载力的模型。

由于影响海洋资源承载力的变量众多而复杂，如果仅从单一指标上对海洋资源承载力进行评价是不合理也是片面的。国内学者大多采用多指标综合评价方法对海洋资源承载力进行定量研究，将反映海洋资源承载力大小的多项指标的信息加以汇集，得到一个综合指标，以此从整体上反映某地或某区域海洋资源承载力的水平。

多指标综合评价方法的运用，为定量评估特定区域内的海洋资源承载力提供了切实可行的方案。

1. 研究路径

评估特定区域海洋资源承载力的大小，就是要依据特定区域海洋资源承载力过去或当前的相关信息，对其进行客观、合理、公正的全面评价。从操作程序的角度而言，按照多指标综合评价的一般流程，首先要确定评价对象和评价目标，然后构建多指标综合评价指标体系，选择定性或定量的加权方法，之后选择构建综合评价模型，最后分析综合得出的结论，提出评价报告，具体流程如图 1.1 所示。

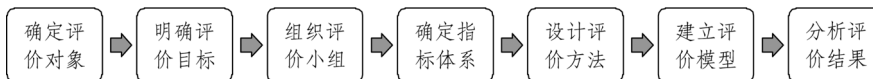


图 1.1 多指标综合评价流程图

评价小组的成员通常由技术专家、管理专家和评价专家组成。不同的学者对海洋资源承载力评估的侧重点不同，由于海洋

资源承载力指标体系构建方法和评价模型建立方法的多样性，以及两者组合的自由性，造成了目前国内海洋资源承载力研究的多元化，集中体现为国内学者对海洋资源承载力的研究集中在评价指标体系的构建和承载力测定两方面。

2. 评价指标体系构建的方法

(1) 指标体系确定的原则。

海洋资源承载力综合评价指标体系是由多个相互联系、相互作用的评价指标，按照一定层次、一定结构组成的有机整体。在确定指标体系时，应遵循以下五个原则：

① 简约性原则。评价指标并不是越多越好。选择评价指标的关键在于其在评价过程中所起作用的大小，而不是指标数量的多少。指标的提炼能减少评价的时间和成本，易于评价活动的开展。简约并不意味着缺失。选择的指标体系要能涵盖评价某区域海洋资源承载力水平的基本内容，反映某区域海洋资源承载力水平的全部信息。

② 独立性原则。每个指标相对独立、内涵清晰；同一层次的指标间不相互重叠，相互间不存在因果关系；指标体系各层次间要简明扼要，层次分明，能很好地体现海洋资源承载力水平的多层次性。

③ 代表性原则。选择的指标应该具有代表性，能很好地反应海洋资源承载力水平某一方面的特性。

④ 可比性原则。选择的指标应该具有明显的差异性。评价指标要客观实际，便于比较海洋资源承载力水平的差异性。

⑤ 实用性原则。选择的指标含义应该明确具体，易于被理解和解释，能准确、全面的反应海洋资源承载力的发展水平。

(2) 指标体系确定的方法。

指标体系的确定具有很大的主观随意性。虽然海洋资源承载力

指标体系的确定有经验确定法和数学方法两种，但国内多采用经验确定法。

经验确定法是利用专家的经验和专业知 识，通过推理性判断分析来确定评价指标的方法，常见的有专家调研法、德尔菲法、实践经验选择法、规范惯例借鉴法等。专家调研法即多专家多轮咨询法，通过多次咨询海洋资源承载力方面的专家们对所设计的海洋资源承载力指标体系的意见，反复进行统计处理，最终得到专家意见趋于集中的评价指标体系。

数学方法是对指标直接的相似性判断和关联性进行数量分析后，确定评价指标的方法，即对初步构建的海洋资源承载力评价指标体系进行优化，选取部分有代表性的评价指标来简化原有的指标体系。通过采用多元相关分析、多元回归分析、因子分析、主成分分析等方法，分析各指标间的相互关系，从而实现指标系统的优化，最终选取代表性的指标构成指标体系。

（3）指标权重的确定。

为了体现各个指标在评估海洋资源承载力时的作用地位和重要程度的不同，在指标体系确定后，必须对各个指标赋予不同的权重系数。权重是对指标重要程度的主观客观度量的反映。权重的差异来自三个方面：一是海洋资源承载力评价者的主观认识差异，即评价者对各个指标的重视程度不同；二是海洋资源承载力指标间的客观差异，即各指标在评价中所起作用的不同；三是海洋资源承载力各指标提供信息的可靠性不同，即各指标的可靠程度不同。权重的确定也叫加权，其方法有定性加权法和定量加权法两种。定性加权法也叫作经验加权法，由专家直接估值，简便易行。但这种方法对专家的经验判断准确 度依赖较大，主要包括德尔菲法、层次分析法、特征值法等。定量加权法是在经验的基础上，运用数学原理间接生成权重，相对而言具有较强的科学性和一定的客观性，主要包括拉开档次法、熵值法、均方差法等。

本书主要介绍层次分析法和熵值法。

层次分析法

层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 由美国运筹学家 T.L.Saaty 于 20 世纪 70 年代提出, 是一种利用线性代数矩阵特征值的思想, 将待解决的问题划分为目标层、基准层和决策方案层, 在划分后的不同层级内结合使用定性分析和定量分析的决策方法。

其主要步骤是首先构建递进层次结构, 主要有目标层 (即决策的目的, 如评价海洋资源承载力的水平)、基准层 (如制约海洋资源承载力的因素、决策准则、约束条件等, 即方案的属性) 和方案层 (决策时的备选方案); 然后在紧密相连的两层因素中进行两两比较, 构造判断矩阵; 之后对各因素的权重进行计算; 最后检验两两比较矩阵的一致性。

熵值法

熵值法 (Entropy Method), 也叫熵权法、熵技术, 是指通过对各项指标所能提供的信息量的大小比较来确定该指标对应的权重大小。

熵的概念来自热力学, 表示一个系统无序的程度。香农 (C. E. Shannon) 在 1948 年提出信息熵的概念, 用于表示信息的不确定程度。在信息论中, 熵越大, 表明拥有的信息量越小, 对目标的了解越不全面, 不确定程度越大; 反之亦然。

运用熵值法对指标赋予权重时, 同样要将研究对象分解为若干个层次, 如目标层、准则层、次准则层... 指标层等。假设目标层指标为 I , 准则层指标为 I_i , 次准则层指标为 I_{ij} , 指标层指标为 I_{ijk} 。 S_{ijk} 表示 I_{ijk} 评价分值的平均值, S_{ij} 和 S_i 分别为 I_{ij} 和 I_i 的计算评价价值。对指标层所有指标, 假设有 5 个分数档, 按 1~5 分来分别对应这 5 个分数档, 某个分数档以 C_l 表示, 即 C_l 取这 5 个分值中的任意一个值。对某一指标 I_{ijk} , 某个分数档的评分人数为 x_{ijkl} ,

则它在该指标评分人中所占的人数比例为 $P(x_{ijkl})$ 。若 $x_{ijkl} = 0$ ，则该指标此分数档不参与计算， n 为参与计算的分数档的数目。则有：

$$P(x_{ijkl}) = \frac{x_{ijkl}}{\sum_{l=1}^5 x_{ijkl}}$$

各指标层指标的熵值为：

$$H(x_{ijk}) = -k \sum_{l=1}^n P(x_{ijkl}) \ln P(x_{ijkl})$$

其中， $k = 1 / \ln n$ 。则 x_{ijk} 的熵权为：

$$w_{ijk} = \frac{1 - H(x_{ijk})}{\sum_{k=1}^M (1 - H(x_{ijk}))}$$

其中，上式右边的分子可定义为偏差度，或称差异性系数；

$0 \leq w_{ijk} \leq 1$ ， $\sum_{k=1}^M w_{ijk} = 1$ ， M 为次准则层指标 I_{ij} 下指标个数。

次准则层的评分为：

$$S_{ij} = \sum_{k=1}^M w_{ijk} \cdot S_{ijk}$$

次准则层各个指标熵值和熵权为：

$$H(x_{ij}) = \sum_{k=1}^M w_{ijk} H(x_{ijk})$$

$$w_{ij} = \frac{1 - H(x_{ij})}{\sum_{j=1}^N (1 - H(x_{ij}))}$$

N 为准则层指标 I_i 下的各个指标的数目。

类似的，可得准则层指标熵值 $H(x_i)$ 、熵权 w_i 及评分 S_i 为：

$$H(x_i) = \sum_{j=1}^N w_{ij} H(x_{ij})$$

$$w_i = \frac{1 - H(x_i)}{\sum_{i=1}^2 (1 - H(x_i))}$$

$$S_i = \sum_{j=1}^N w_{ij} \cdot S_{ij}$$

各个指标层指标的综合熵权为：

$$W_{ijk} = w_{ijk} \cdot w_{ij} \cdot w_i$$

3. 承载力测定方法的选择

海洋资源承载力测定方法的选择，实际上是多指标综合评价方法的选择。常见的多指标综合评价方法有专家打分综合法、模糊综合评价法、灰色关联评价法、信息集结法等。除专家打分综合法外，其他多指标综合评价方法都要使用到模型。也就是说，需要通过建立综合指标与各个评价指标直接的函数关系来进行评价。

专家打分评价法出现较早且应用较广，其最大的优点在于当缺乏足够的统计数据 and 原始资料的情况下，可以做出定量估价。其主要步骤首先是根据海洋资源承载力的具体情况选定评价指标，对每个指标确定出评价等级；然后以此为基准，由专家对评价对象进行分析和评价，确定各个指标的分值；最后采用加法评分法、连乘评分法或加乘评分法求出海洋资源承载力的总分值，从而得到海洋资源承载力评价结果。

模糊综合评价法是以模糊数学原理为基础，应用模糊数学的隶属度理论，将多个边界不清、不易定量的因素定量化，并对其制约的事物或相关事物进行综合性评价的方法。模糊综合评价法能较好地解决模糊的、难以量化的问题，适合各种非确定性问题的解决。此方法最早由我国学者汪培庄提出。其主要步骤是首先判定海洋资源承载力的指标集和等级集；再分别确定各个指标的权重及其隶属度向量，获得模糊评判矩阵；最后把模糊评判矩阵与指标的权向量进行模糊运算；最后进行归一化处理并得到模糊评价综合结果，也就是海洋资源承载力的评价结果。

第二节 生态经济学理论

一、生态经济学

自人类社会进入工业社会后，世界经济迅猛发展，但同时全球生态环境遭到了不同程度的破坏。进入 20 世纪后，生态与经济不协调的问题愈发明显。人们开始追溯重大生态经济问题产生的原因、解析发展的趋势，探寻解决途径和预防措施，并在此基础上形成了生态经济学。

生态经济学自诞生时起，就是人类尝试对“资源—环境—经济”系统进行解读的开始。它是人类对经济增长与生态环境的相互关系的认知。生态经济学承认人类系统和自然系统有着内在联系，并将人类系统视为生态系统的子系统。一方面，人类系统和自然系统之间存在着相互依存的关系；另一方面，人类子系统的存在依赖于生态环境系统的支持。

它主要研究人类经济活动与生态环境间的关系及规律。具体

研究经济平衡与生态平衡的关系、经济效益与生态效益的关系、经济需求与生态供给的矛盾等；从整体上研究由生态系统和经济系统相结合而形成的复合系统的各因素间相互联系、相互制约、相互转化的运动规律；从系统的观点研究生态经济系统内的物质流、能量流、信息流、人口流和价值流的运行是否合理的角度，来分析人类经济社会与资源、生态环境之间的矛盾运动，从而揭示生态经济系统持续发展的内在规律性。

生态经济学理论以经济学和生态学理论为基础，既涉及社会学、人口学、生物学、地理学等自然和社会领域的独立学科理论，又涉及资源经济学、环境经济学和制度经济学等交叉学科理论。其方法论主要是信息论、协同论、控制论、系统动力学和价值分析法。

二、常用模型

1. 能值分析法

能值分析法是一种生态—经济系统研究理论和方法，是美国著名生态学家 H.T.Odum 在传统能量分析的基础上创立出的新的研究方法。

能值即某一流动或储存的能量中所包含另一种能量的数量，称为该能量的能值。在生态经济系统中，能值就是产品或者劳务形成过程中直接或间接投入应用的一种有效能总量。H.T.Odum 用太阳能焦耳来衡量某一流动或储存的能量中所包含另一种能量的数量，也就是该能量的太阳能值。

能值分析法首先将生态系统或生态经济系统内的各种形式的能量转化为统一的能值(太阳能焦耳),然后采用一致的能值标准,把同一生态系统或生态经济系统中不同种类、不可比较的能量转