海洋各产业用海比例的随机规划理论模型探讨

张效莉[1,2]

(1.上海水产大学经济管理学院 上海 200090; 2.海洋文化与经济研究中心海岸带产业发展研究所 上海 200090)

摘 要 文章简要回顾了相关海域使用规划的研究状况,基于海洋经济与生态环境效益的背景下,构建了海洋各产业用海比例规划的指标体系,最后探讨了海洋各产业用海比例的随机规划的理论模型。

关键词 经济效益;生态环境效益;海洋产业;用海比例;随机规划

一、文献简要回顾

海洋产业用海比例规划属海域使用规划的部分内容。海域使用规划与海洋功能规划有着密切的关系,为此要研究海洋产业用海比例规划,就要先从海域使用规划、海洋功能区划谈起。

20世纪80年代末期,我国政府提出并组织开展海洋功能区划这项海洋管理的基础性工作,2002年8月,国务院正式批准《全国海洋功能区划》(以下简称为《区划》),并授权国家海洋局发布实施。该《区划》将我国管辖海域划分了10种主要海洋功能区,即港口航运区、渔业资源利用与养护区、矿产资源利用区、旅游区。海水资源利用区、海洋能利用区、工程用海区、海洋保护区、特殊利用区、保留区,并提出每种海洋功能区的开发保护重点和管理要求。同时,还确定了渤海、黄海、东海、南海的30个重点海域的主要功能。

近年来关于海洋功能区划的研究较多,阿东等研究了海洋功能区划的作用和意义,指出海洋功能区划是合理开发利用海洋资源和空间、及时保护海洋环境以及建立海洋管理协调机制、解决不同部门、行业间用海矛盾的重要前提;葛瑞卿等研究了海洋功能区划的方法,指出因果法、叠加法、比较法、综合分析法、层次分析法是海洋功能区划工作应用的最基本的方法。其他关于海洋功能区划的研究还有包括功能区划的理论与实践、理论与方法研究、方法应用等。

对海域使用规划研究所见较少,仅有的少数研究也都集中在对海域资源的定性分配、政策性分配研究上以及国外经验介绍上。李宜良等总结了美国海域使用管理的措施,指出美联邦政府要求各州在海域使用前必须制定海域使用规划和区划,包括:确定管理规划的组织体制,地方、区域、州级机构在管理过程中的各自职责和相互关系;明确海滩及海域界标,提出进入公有海滩和海域的规划途径等。

还有学者及相关部门等对海洋功能区划与海域使用规划的模糊理解和混同,鉴于此,顿光宇等对两者之间的关系进行了研究,指出海洋功能区划是和海域使用规划的基础和依据,海域使用规划是海洋功能规划的细化和具体化。海洋功能区划属于海洋开发与管理的宏观指导文件,是对海域进行定性研究的;而海域使用规划则属微观的指导文件,是对海域和海洋开发进行定量研

究的。

单独对海域使用进行规划的定量性研究更加少见。虽然我国一些省区已经发放了海域使用面积的确权证书，但是这种确权会造成属于本产业或组织的海域资源但本产业组织不需要该种资源的现象发生，以至于造成资源的不合理利用和资源的闲置、浪费。目前，涉海行业被划分为三个海洋产业，即海洋第一、二、三产业。随着海洋开发战略的不断推进，海洋三个产业的海域使用矛盾日益突出，协调解决产业间海域使用矛盾就要对海洋产业用海比例进行详细规划，就要对规划方法进行定量研究，使各海洋产业有计划、按比例协调发展，逐渐转变海洋资源开发的无序局面和资源浪费现象，从而保证了社会的整体利益和长远利益，有利于海洋资源的可持续开发利用。

为此，本研究拟基于海域使用的经济效益和生态效益，在构建海洋产业用海比例相关指标体系基础上，建立海洋各产业用海比例的随机规划理论模型，本模型不仅可以在产业间划分出最优的用海比例，而且还可以通过市场机制来调节产业之间闲置资源的互相配置和生态环境维护，从而实现整个海域资源的更加合理优化配置。

二、海域使用规划的因素分析

1.两个概念的比较

海洋功能区划：根据海洋不同区域的自然资源条件、环境状况和地理区位，并考虑海洋开发现状和社会经济发展需求，按海洋功能区的划分标准把海域划分为不同类型海洋功能区单元的一项开发与管理的基础性工作。

海域使用规划：根据社会发展和自然、社会经济条件，对海域开发利用、治理保护在空间和时间上所作的总体部署与统筹安排。

两者的区别在于：(1)目的不同。海洋功能区划的目的是根据海域的主导功能和功能顺序，科学合理的利用海洋资源。而海域使用规划则是海洋各产业在时间、空间上有计划协调使用海域，促进海洋资源可持续利用。(2)侧重点不同。海洋功能区划侧重于海域自然属性，解决的是某海域适合做什么的问题，与时间没有关系。而海域使用规划侧重于社会发展需要，解决的是某海域在一定的时期内计划做什么的问题，与时间密切联系。(3)涉及的内容不同。海洋功能区划主要是通过对某一海域自然属性的调查了解，对相关的资料进行整理分析，并确定某一海域的主导功能和功能顺序，但不涉及具体海域的使用项目等。而海域使用规划主要通过了解海域使用现状和各涉海行业发展规划，参照社会经济发展目标来研制一定期限内海域使用规划目标，协调各行业用海需求矛盾，并在空间上做出安排。

显然，海洋产业用海比例规划是海域使用规划的部分内容，所有与海域规划相关的因素都会影响到海洋产业用海比例的规划。

2.指标体系构建

鉴于海域使用规划必须在海洋功能区划完成的基础上所开展的工作，因此，本研究假定所研究海域的主导功能为生产型功能。

由于海洋是个连续的、运动的巨大水体，与陆域环境明显不同。海洋资源具有公有性、流动性、可再生性等特点，除海洋空间、海底矿产等属于静止外，其他的海洋资源大都是沿着水平方向和垂直方向移动的，如鱼类等海洋生物的洄游，溶于海水中的矿物质和污染物随海水的流动而发生位移等。另外，海洋也不仅单纯以提供资源来支持人类活动，而且在改善生态环境等多方面也为人类作出贡献。而海洋产业用海比例规划主要通过了解海域使用现状和各涉海行业发展规划，参照社会经济发展目标来研制一定期限内海域使用规划目标，协调各行业用海需求矛盾，

并在空间上做出安排的一项工作，该规划必须同时兼顾海洋经济系统和海洋生态环境系统，既要考虑海洋开发利用的经济效益，更要考虑其生态效益，以便实现海洋产业与生态环境协调发展。因此，海洋产业用海比例规划所涉及的经济效益指标和生态环境指标主要有：

(1)海洋产业用海比例规划中的经济效益指标

海洋产业总产出主要反映的是海域为海洋经济发展可以提供丰富的资源，其相应形成的海洋产业对社会经济的发展也有巨大的推动作用。考虑到发挥市场机制实现资源最优配置的基础性作用，此处的海洋各产业发展状况以其产出能否满足市场需求来判断。

各海洋产业的经济带动强度。依据《2003年全国海洋经济发展规划纲要》精神，发展海洋经济的指导原则之一为大力发展具有经济带动作用的海洋产业。为此选择该指标作为海洋经济效益的一项衡量依据。

各海洋产业的资源使用效率。该指标主要体现各海洋产业技术水平、单位资源产出率等，是促进海洋经济可持续发展的关键指标之一。

各产业资源利用强度。一般而言在技术水平一定的情况下，某产业发展水平越快，则资源利用强度越高，但是也不排除不恰当的资源开发利用方式所导致的高利用强度，为此本着集约生产、可持续发展海洋经济的原则，希望对资源开发利用强度有一定的控制。

(2)海洋产业用海比例规划中的生态效益指标

海域生态环境承载力。从海洋开发角度来看，人们关心的是海洋资源能否可持续利用，并在此前提下实现对海洋的最大开发程度。海域承载力可以理解为海洋对人类活动的最大支持程度，而具体影响这一支持程度的主要有海洋生态环境抵御力包括海洋资源种类、数量及其可供给量、潜在价值量等；海洋生态环境恢复治理力包括社会经济实力、公共基础设施及交通条件、污染物的迁移、扩散和处理能力，国家方针政策包括海洋产业政策、管理水平等。

海洋环境容量。海洋环境容量是指在一定的水质或环境目标下，海洋能够允许容纳的污染物的最大数量。海洋产业的经济活动必然会对海洋环境产生一定的影响，当这种影响超过了环境容量，则海洋可持续地对人类经济活动提供资源支持的能力就会降低甚至丧失，因此海洋环境容量同样也会影响到海洋经济系统与海域生态环境系统的协调发展。

环境维护与补偿力度。各海洋产业及其产业组织在相关的法律法规和政策引导下，依据自身对海洋资源的攫取程度和在生产过程中对海域造成的环境损失程度不同，按照相应的比例提供用于海域环境补偿与维护等费用。

三、海洋各产业用海比例规划的理论模型

海洋资源共存于一个确定的海洋环境之中，在同一空间上同时拥有多种资源，有多种用途，如水面上可以用作交通资源，水体中有渔业资源，水底有矿产资源等。其分布是立体式多层状的，其特点决定了这种海区是多功能区，根据各功能的重要程度排出的功能顺序，其首位功能为主导功能。当在某一海区中可能划出多个具有不同主导功能的海洋功能区时，这些各具主导功能的海区就不可避免地会相互影响，乃至相互矛盾。而对海洋产业用海比例行规划的主要目的是为了对海域开发利用、治理保护在空间和时间上所作的总体部署与统筹安排。其实质在于对海域资源进行综合管理，确保经济发展的同时，海域资源能够得到合理有序的利用。

本规划模型拟在同一块海域面积范围内，以海域面积作为划分比例计量单位，探讨如何将海域资源按照恰当的比例分配给各海洋产业，以实现经济效益和生态效益的双赢。

考虑到海洋产业中的第一产业主要以渔业为

主，其用海空间主要集中在水体中部，第二产业为利用海洋矿产资源的加工制造业，其利用的海洋资源大多集中在水体底部，而第三海洋产业多以海洋旅游和运输为主，其利用的海洋资源集中在水体表面。但是由于海洋资源的流动性，分配给各海洋产业的海域还会含有其他产业所需要的资源，于是各海洋产业在从事经济生产过程中不仅只利用分配给本产业所属海域的资源，同时也会利用非本产业所属海域的资源，比如给捕鱼、养鱼技比例分配了一定面积海域，其生产活动如果在水体中部，而采矿业在水体底部，那么采矿业有可能会利用属于渔业的这部分矿产海底资源。因此，为了下文叙述方便做如下假设和标记。

设各产业占用的共同海域的总面积为 S（也即拟规划的海域面积），海域环境总容量为 F，海域承载能力为 M，X_i 为分配给第 i 产业的海域总面积，是本规划模型的决策变量。另外，模型中所涉及的量都以年为单位计量。

第 i 产业的总产出为 L_i，为了发挥市场配置资源的基础性作用，第 i 产业的总产出由社会总需求 ξ_i 来控制（由于社会需求受诸多因素的影响，因此 ξ_i 是一个服从正态分布的随机变量）；y_{i1}、y_{i2}、y_{i3} 分别为第 i 产业实际耗用分配给第一、二、三产业海域的资源量；η_{i1}、η_{i2}、η_{i3}；分别为分配给第 i 产业的海域 X_i 中单位面积所含的第一、二、三产业能够使用的海洋资源拥有量，由于海洋资源的流动性导致 η_{i1}、η_{i2}、η_{i3} 为服从正态分布的随机变量，对于滨海旅游和运输业来讲，其所使用海平面地理位置不会发生流动、因此 η_{ij} 为服从常值分布的变量；h^*_{ij} 为第 i 海洋产业利用第 j 产业所属海域资源所产生废弃物量，H_i 为第 i 产业所属海域环境容量；A^*_i 为第 i 产业资源利用效率期望值；B^*_i 为第 i 产业资源利用强度期望值；f_i 为第 i 产业的经济带动能力，f^*_i 为第 i 产业经济带动能力期望值；ω_i 表示海域承载力中单位面积海域抵御力，由于海洋流动性特征导致该变量为服从正态分布的随机变量；ζ_i 表示海域承载力中单位面积海域环境治理费用，由于海洋流动性特征导致该变量为服从正态分布的随机变量；P_{ij} 为第 i 产业生产过程中获取属于第 j 产业所属海域生产资源的单位价格，该价格按照市场配置资源、综合环境维护费用等因素来确定；第 i 产业生产过程中获取属于第 j 产业所属海域生产资源所支付的期望费用为 M^*_i；α_i 为对应的置信水平，一般取值 0.05、0.01 或 0.10，各 α_i 可以相同，也可以不同。

则相关的机会约束为：

（1）第 i 产业的总产出不能小于社会对第 i 产业的总需求

$$P(L_i(y_{i1},y_{i2},y_{i3}) \geq \xi_i) \geq \alpha_i \qquad i=1,2,3 \tag{1}$$

（2）第 i 产业实际资源耗用量不超过取用海域资源总量

$$P(y_{ij}-\eta_{ij}x_i \leq 0) \geq \alpha_i \qquad i=1,2,3, j=1,2,3 \tag{2}$$

（3）各海洋产业资源消耗量要控制在该海域生态抵御力范围内

$$P\left(\sum_{j=1}^{3} y_{ij}-\omega_i x_i \leq 0\right) \geq \alpha_i \qquad i=1,2,3 \tag{3}$$

（4）第 i 产业生产过程中获取属于第 j 产业所属海域生产资源所支付的期望费用为 M^*_i

$$\sum_{j=1}^{3} p_{ij}y_{ij} \leq M^*_i \tag{4}$$

（5）各海洋产业的资源利用效率希望能够尽可能地达到其期望值

$$\frac{L_i}{\sum_{j=1}^{3} y_{ij}} \geq A^*_i \qquad i=1,2,3 \tag{5}$$

（6）各海洋产业的资源开发利用强度希望能够尽可能的小于其期望值

$$\frac{dL_i}{dt} \leq B^*_i \qquad i=1,2,3 \tag{6}$$

此处的资源开发利用强度用产业产出增长率表示。

（7）各海洋产业所分配的海域面积总和不超

过拟规划的总海域面积

$$\sum_{j=1}^{3} x_i \leqslant s \tag{7}$$

(8)各海洋产业对海洋经济的带动能力尽可能达到预期值

$$f_i \leqslant f^*_i \qquad i = 1,2,3 \tag{8}$$

(9) 各海洋产业对所分配海域的生态环境治理费用必须尽可能达到生产用总资源收入的一半

$$P(\zeta_j x_j \geqslant \frac{\sum_{i=1}^{3} p_{ij} y_{ij}}{2}) \geqslant \alpha_j \qquad i = 1,2,3 \tag{9}$$

(10)各产业消耗第 i 产业所属海域资源过程中废弃物排放不能超过第 i 产业海域环境容量

$$\sum_{j=1}^{3} h_{ji} \leqslant H_i \tag{10}$$

(11) 分配给各海洋产业的海域面积 X_i 必须是非负的

$$x_i \geqslant 0 \qquad i = 1,2,3 \tag{11}$$

假设 d_j^+, d_j^- 表示目标规划的正负偏差变量，则海洋产业海域使用比例随机规划模型为：

$$Lex\min\{d_{1i}^-, d_{2i}^+, d_{3i}^-, d_{4i}^+\}$$

$$\text{s.t.}\begin{cases} P(L_i(y_{i1}, y_{i2}, y_{i3}) \geqslant \xi_i) \geqslant \alpha_i \qquad i = 1,2,3 \\ P(y_{ij} - \eta_{ij} x_i \leqslant 0) \geqslant \alpha_i \qquad i = 1,2,3, j = 1,2,3 \\ P(\sum_{j=1}^{3} y_{ij} - \omega_i x_i \leqslant 0) \geqslant \alpha_i \qquad i = 1,2,3 \\ P(\zeta_j x_i \geqslant \frac{\sum_{j=1}^{3} P_{ij} y_{ij}}{2}) \geqslant \alpha_j \qquad j = 1,2,3 \\ L_I + d_{1i}^- - d_{1i}^+ = \sum_{j=1}^{3} y_{ij} A_i^* \qquad i = 1,2,3 \\ \frac{dL_i}{dt} + d_{2i}^- - d_{2i}^+ = B_i^* \qquad i = 1,2,3 \\ f_i + d_{3i}^- - d_{3i}^+ = f_i^* \qquad i = 1,2,3 \\ \sum_{j=1}^{3} p_{ij} y_{ij} + d_{4i}^- - d_{4i}^+ = M_i^* \qquad i = 1,2,3 \\ \sum_{j=1}^{3} h_{ji} \leqslant H_i \\ \sum_{i=1}^{3} x_i \leqslant s \\ x_i \geqslant 0 \qquad i = 1,2,3 \end{cases} \tag{12}$$

其中的生产函数人 $L_i(y_{i1}, y_{i2}, y_{i3})$可用 c－d 型函数进行拟合，而产业的经济带动系数 f_i 选取张平直接后向关联效应函数来表示该产业对其他产业的带动强度，整个随机规划模型可以用基于随机模拟的遗传算法进行求解。

对上述随机规划模型进行求解后获得的决策变量 X_i (i=1、2、3) 即为各海洋产业的用海比例，而 y_{ij} 为各产业互相从属于对方诲域获取的资源数量，P_{ij} 为获取资源所支付给对方的单位费用，h_{ij} 为获取对方资源过程中给对方海域造成的环境污染程度。

参考文献

1 阿东.我国海域使用管理和海洋环境保护的依据——海洋功能区划[J].海洋开发与管理，2000(4)：19~22

2 葛瑞卿.海洋功能区划的理论和实践[J].海洋通报，2001(8)：52~64

3 柴维新. 海洋功能区划的基本理论与实证研究[D].2004：31~33

4 梁湘波.海洋功能分区方法及其应用研究[D].2005：135~147

5 李宜良，等.美国海域使用管理及对我国的启示[J].海洋开发与管理，2006(4)：16~19

6 顿光宇，等.浅谈海洋功能区划与海域使用规划的区别与联系[J].海洋开发与管理，2001(2)：38~39

7 狄乾斌，等.海域承载力的定量化探讨——以辽宁海域为例[J].海洋通报，2005(2)：47~55

8 于宜法.海岸带资源的综合利用分析[J].中国海洋大学学报，2004(3)：23~25

9 刘宝碇，等.随机规划与模糊规划[M].北京：清华大学出版社，2005：98~101

10 张效莉. 经济与生态环境系统协调的超过际分析[J].科技进步与对策，2007(1)107~109

11 张平.中国区域产业结构演进与优化[M].湖北：武汉大学出版社，2005：88~89