引文格式：袁晓彬,唐玲,原峰,等. 基于GIS的广东省养殖用海分布特征与发展研究[J]. 地理空间信息, 2025, 23(2): 50-54. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2025.02.011

基于GIS的广东省养殖用海分布特征与发展研究

袁晓彬[1]，唐　玲[1*]，原　峰[1]，张　敏[1]，张　凡[1]
（1. 广东省海洋发展规划研究中心，广东 广州 510000）

摘　要：通过地理学空间分析方法对广东省养殖用海分布特征进行分析，结果表明：在总体空间分布类型和格局方面，全省呈现集聚分布特征，集中分布在粤西，其中围海养殖类型的分布格局与全省一致，且集中程度比开放式养殖类型高；在近海和深远海格局方面，以等深线叠加养殖用海图斑数据分析，得出研究区内无深远海养殖分布，全部为近海养殖，且主要分布在20 m等深线以内海域；在养殖用海图斑面积方面，面积差距较大，呈现不均衡分布特征。该特征主要由社会经济、地方政策、行业技术等多种因素共同作用形成。基于研究结论，提出坚持疏近用远的深远海布局战略，用海用地、金融体系和冷链物流体系的政策保障，规划引领以及科技攻关的发展建议。

关键词：养殖用海；分布特征；洛伦兹曲线；深远海养殖；海洋牧场
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）02-0050-05

Research on the Distribution Characteristics and Development of Aquaculture Sea in Guangdong Province Based on GIS

YUAN Xiaobin[1], TANG Ling[1], YUAN Feng[1], ZHANG Min[1], ZHANG Fan[1]
(1. Guangdong Ocean Development Planning Research Center, Guangzhou 510000, China)

Abstract: We used the geographical spatial analysis methods to analyze the distribution characteristics of aquaculture sea in Guangdong Province. The results show that in terms of overall spatial distribution types and patterns, Guangdong province presents an agglomerated distribution characteristic, with a concentration in western Guangdong. Among these, the distribution pattern of cofferdam mariculture is consistent with that of the entire province, with a higher degree of concentration compared to open mariculture. Regarding nearshore and deeper offshore patterns, based on the analysis of isobaths overlaid on aquaculture sea polygon data, it shows that there is no deeper offshore aquaculture distribution in the study area, all are nearshore aquaculture, primarily distributed within the sea area of 20 meters isobaths. In terms of the area of aquaculture sea polygon, there is a significant disparity, presenting an uneven distribution characteristic. This characteristic is mainly caused by the combined influence of various factors such as social economy, local policies and industry technology. Based on the study conclusions, we proposed some development suggestions including adhering to the deeper offshore strategy of dredging the near and using the far, policy supporting for marine and land using, financial systems as well as cold chain logistics systems, and guiding by planning as well as overcoming by science and technology.

Key words: aquaculture sea, distribution characteristic, Lorenz curve, deeper offshore aquaculture, marine ranching

掌握养殖用海空间分布特征，是推进现代化海洋牧场建设，打造近海和深远海协调发展新格局的基础，有利于加强海洋资源要素保障能力。同时，养殖用海是我国最传统的用海方式，海水养殖也是我国重要的渔业经济组成部分，掌握养殖用海空间分布特征也是为养殖用海管理和海水养殖业发展提供科学依据。养殖海域是指海洋功能区划中确定用于增养殖活动的海域[1]，本文研究的养殖用海即包括位于海洋功能区划中确定用于增养殖活动的海域，也包括与海洋功能区划不符的所有实际用于增养殖活动的海域。养殖用海主体复杂，用海面积大，涉及社会面广，是产生用海矛盾和争议最多的用海类型[2-3]。因此，分析养殖用海空间分布特征有重要的理论和实践意义。

目前，从研究对象来说，关于养殖的研究主要集中在渔业生产方面，甚少对养殖用海开展研究[4-6]，分布规律研究不足，养殖用海管理难度高等问题尚未改善[7]。基于调查现状研究养殖用海的空间分布规律，既是统筹国土空间规划，有序发展海水养殖的需要，也是强化管控分类施策，全面加强和处置养殖用海历史问题，加强养殖用海批后监管，海水养殖尾水处理等养殖用海管理的迫切需要[7]。从研究方法来说，

第一作者简介：袁晓彬（1993—），本科，工程师，主要研究方向为海洋自然资源开发利用，E-mail：529186715@qq.com。
通信作者：唐玲（1989—），硕士，高级工程师，主要研究方向为海洋自然资源开发利用，E-mail：286744071@qq.com。

分布特征的研究方法较多，多用于乡村旅游地[8]、森林康养基地等[9]人类活动领域以及自然保护地[10]、村庄村落等[11-13]自然地理领域的空间分布特征研究，极少应用在海洋资源要素[14]的分布分析。

本研究以广东省为例，为有效分析全省养殖用海空间分布特征，基于ArcGIS 10.5软件平台，分别对围海养殖和开放式养殖（含人工鱼礁）两类养殖用海进行分析，结合广东省养殖用海调查数据、等深线数据，探讨地理集中指数、最邻近距离法、核密度估计法等方法在总体空间分布类型和格局方面的适用性，并借鉴统计经济学领域的洛伦兹曲线方法研究各宗用海面积分布上的分布均匀程度，探讨分布特征背后的原因。

1　研究区概况

本文中的研究区选择地理坐标在117°15′~109°45′E、20°10′~23°40′N之间的广东省海域，向陆一侧为广东省2022年省政府批复海岸线，向海一侧为领海线（不含港澳地区）其中，没有领海外部界限的区域，以省级海洋功能区划的外边界线替代。东起潮州市饶平县大埕湾，与福建海域相邻；西至湛江英罗港和北部湾，与广西海域相邻；南到琼州海峡中心分界线并向东、西、东南方向自然延伸[15]。如图1所示。



图1　研究区范围图

审图号：粤S(2023)136号

2　数据与方法

2.1　数据来源

1）广东省养殖用海图斑数据（11 409个）来源于2021年广东省养殖用海调查工作，包括围海养殖（7 739个）、开放式养殖（3 670个）（含人工鱼礁31个）2种类型。

2）等深线数据来源于2021年广东省电子海图。

2.2　分布特征研究方法

2.2.1　地理集中指数

地理集中指数用于衡量研究对象在区域内的集中程度[16]，是地理学研究中一个常见指标。地理集中度表示研究对象在区域内的集聚程度，数值越小，集中度越低，反之越高。其值介于0和1之间，其值越大，表示研究对象在地理上的集中程度越高。养殖海域在广东省沿海14个城市均有分布，运用该方法探讨养殖用海在全省集中分布程度。表达式为：

$$G=100\times\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{x_i}{T}\right)^2},(0<G<100) \tag{1}$$

式中，n为沿海地市总数；x_i为第i个沿海地市的养殖用海图斑数量；T为全省养殖用海图斑数量；G值越小，说明养殖用海分布越分散，反之越集中。

2.2.2　最邻近距离法

最邻近距离法使用最邻近的点之间的距离描述空间分布特征。将养殖用海图斑抽象为空间上的点[14]，计算各点之间的实际最邻近距离与理论最邻近距离，将两者作比得出最邻近指数，以此判别空间分布类型。表达式为：

$$\begin{cases}\bar{r}_1=\sum_{i=1}^{n}\dfrac{r_i}{n}\\ \bar{r}_E=\dfrac{1}{2\sqrt{n/A}}\\ R=\bar{r}_1/\bar{r}_E\end{cases} \tag{2}$$

式中，r_i为第i个养殖用海图斑与最邻近的养殖用海图斑的距离；n为全省养殖用海图斑数量；A为研究区域面积；$\bar{r}_1$为实际最邻近距离；$\bar{r}_E$为理论最邻近距离；R为最邻近指数，当$R<1$时，表示实际最邻近距离小于理论最邻近距离，养殖用海图斑趋于集聚分布。当$R=1$时，表示实际最邻近距离等于理论最邻近距离，养殖用海图斑趋于随机分布。$R>1$时，表示实际最邻近距离大于理论最邻近距离，养殖用海图斑趋于均匀分布。

2.2.3　核密度估计法

核密度估计法是根据输入要素计算整个区域的数据聚集情况，重点反映一个核对周边的影响程度。根据养殖用海图斑分布的密度判断广东省养殖用海的空间分布格局[17-18]。表达式为：

$$F(x)=\frac{1}{nh}\sum_{i=1}^{n}k\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \tag{3}$$

式中，$F(x)$为核密度估计值；$k\left(\frac{x-x_i}{h}\right)$为核函数；$n$

为全省养殖用海图斑数量；h 为带宽，$h>0$；$(x-x_i)$ 为估值点 x 到 x_i 的距离。核密度估计值越大，表示点越密集，区域事件发生的概率越高。

2.2.4 洛伦兹曲线

洛伦兹曲线（Lorenz curve）[14]是由美国统计学家统计学家Lorenz提出的，最初被用于研究国民收入在国民之间的分配问题，即将研究区域所有人口按收入从低到高排序，将人口数量等分，得到每一等分人口的人口数量累计百分比和收入累计百分比，将人口数量累计百分比和收入累计百分比的对应关系绘制成曲线即为洛伦兹曲线[17-19]。本文选择用基尼系数反映收入分配指标。

基尼系数的取值范围在0~1之间，基尼系数越趋近于0表示越均衡，反之表示越不均衡。表达式为：

$$G=1-\frac{1}{n}\left(2\sum_{n=1}^{n-1}W_i+1\right) \tag{4}$$

式中，W_i 为从第1组到第 i 组人口累计收入占全部人口总收入的百分比；n 为人口组数。养殖用海的空间分布具有和社会收入分配类似的均衡性问题，本研究中 W_i 为养殖用海面积实际数据累计百分比，n 为养殖用海数量分组组数。

3 结果与分析

3.1 空间分布类型分析

基于地理集中指数分析，得出广东省养殖用海分布的地理集中指数 G 为58.49，其中，围海养殖为71.29，开放式养殖为39.11；若养殖用海均匀分布在各沿海地市，则平均地理集中指数 $\hat{G}$ 应分别为7.14、7.14、9.09，$G>\hat{G}$，说明养殖用海分布较为集中，且不同养殖类型集中程度不同，围海养殖集中程度比开放式养殖高。

同时，基于最邻近距离法分析，得出广东省养殖用海分布的最邻近指数 R 为0.14，其中，围海养殖为0.085，开放式养殖为0.14，$R<1$，再次验证了养殖用海呈现集聚分布状态。这与地理集中指数的测算结果是一致的。

3.2 空间分布格局分析

经过多次试验发现，广东省的养殖用海密度估计以30 km为最佳带宽，即设定 h =30 km效果最佳，借助ArcGIS软件的空间分析工具生成广东省养殖用海的核密度图，直观了解广东省养殖用海的空间分布格局。全省养殖、围海养殖、开放式养殖的空间分布格局分别如图2、3、4所示。

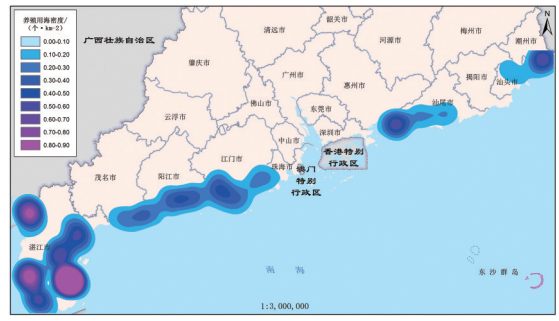


图2 广东省养殖用海空间分布格局图

审图号：粤S(2023)136号

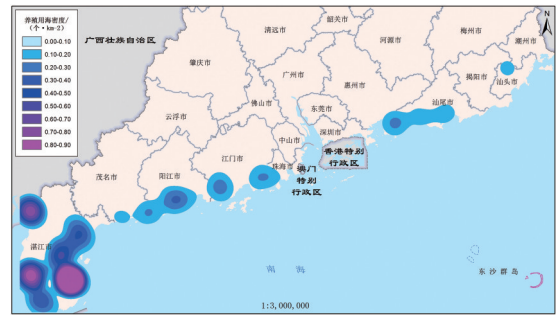


图3 广东省围海养殖空间分布格局图

审图号：粤S(2023)136号

综合全部类型的养殖用海看，广东省养殖用海的总体格局呈现集聚分布特征，且主要分布在粤西，如图2所示；从围海养殖类型看，广东省围海养殖的总体格局与全省一致，集中分布在粤西，如图3所示；从开放式养殖类型看，广东省开放式养殖的总体格局呈现零星分布特征，相对集中于粤东的潮州市，如图4所示。

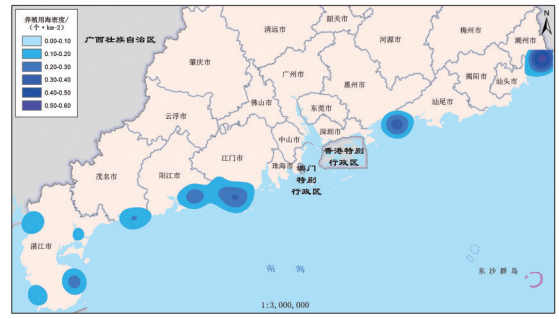


图4 广东省开放式养殖空间分布格局图

审图号：粤S(2023)136号

3.3 近海和深远海格局分析

50 m以深、高海况开放海域或12 nm以外的专属经济区海域的养殖即为深远海养殖[20-21]。以等深线叠加养殖用海图斑数据，分析开放式养殖用海类型中的深远海养殖分布现状。结果表明，研究区内无深远海养殖分布，全部为近海养殖，且主要分布在20 m等深线以内海域，占比99.2%。

3.4　养殖图斑面积均衡性分析

将养殖用海图斑按照面积从小到大排序，并将数量均等分为10组，计算得到图斑面积累计百分比，以此绘制反映养殖用海图斑面积分布差距的洛伦兹曲线，如图5、6、7所示。

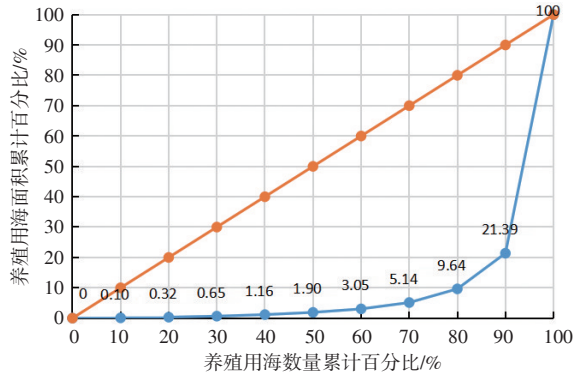


图5　广东省养殖用海洛伦兹曲线

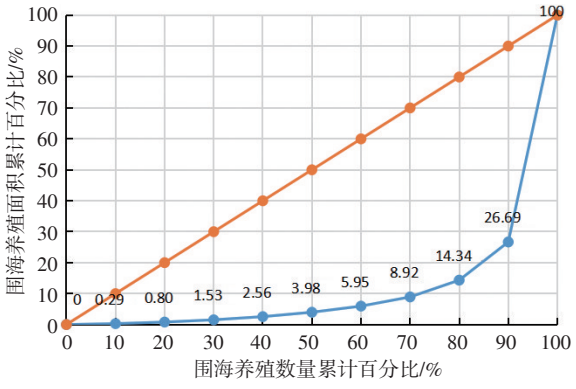


图6　广东省围海养殖洛伦兹曲线

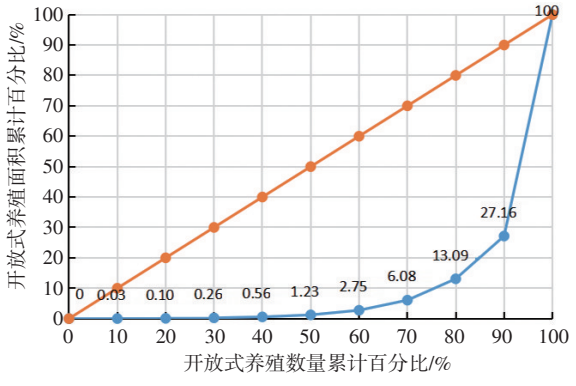


图7　广东省开放式养殖洛伦兹曲线

通过养殖用海面积、数量累计百分比数据分析，得出无论是围海养殖还是开放式养殖，养殖用海图斑面积在空间上分布极不均匀，图斑面积分布差距大。从两方面体现，首先，从图5、6、7中数值来看，前9组数据的养殖用海图斑面积累计百分比均不超过30%，而在第10组数据变化剧增，表明全省养殖用海的图斑面积大小变化大；其次，通过计算得到，全省养殖用海的基尼系数 G 为0.81，其中，围海养殖为0.77，开放式养殖为0.80，基尼系数 G 均趋近于1，也再次表明图斑面积分布不均衡。

4　讨　论

广东省海水养殖经历了从海岸带到近海的大规模扩张阶段，通过持续扩张，开发了几乎近岸所有的适养空间，在特定历史时期下为广东省海水养殖产业的快速发展做出了重大贡献[22]。随着工业化、城镇化水平的提升，广东省沿海地区可以用于海水养殖的近海水域、滩涂资源逐渐缩小[23]；同时，传统的农业思维、粗放单一的产业模式、落后的养殖技术和较低的产业可持续性，都使得当前的海水养殖碎片化现象严重、工业化程度低、资源利用和转化效率低，海水养殖的后续发展空间和潜力受到明显制约，海水养殖产业亟需探索一条新的道路，在新的大环境和新的理念下完成转型和升级。广东省养殖用海空间分布规律、分布格局以及数量面积等特征，是社会经济、地方政策、行业技术等多种因素共同作用的结果。针对目前广东省养殖用海分布特征与发展的需要，提出如下建议：

1）在战略方面，深入践行“大食物观”和海洋强国战略，坚持疏近用远，统筹推进海洋资源保护与开发利用，加快研究优化近海普通网箱养殖，向深远海养殖产业实现转型升级。形成领海内、专属经济区和大陆架海域内不同离岸距离的深远海布局。

2）在政策方面，进一步研究提出加大政策扶持力度。首先用海用地保障，优化空间用海管理制度和审批手续；其次，加大财政扶持力度投资和建立金融保障体系的具体举措，如地方政府专项债券，建立财政金融联动体系，完善现代化海洋牧场冷链物流体系等。

3）在规划方面，编制现代化海洋牧场发展规划。推动打造培育一批深远海养殖先行示范区，培育现代化海洋牧场融合发展主体，构建现代化海洋牧场种业体系，培育经济增长新动能。

4）在科技支撑方面，实现关键领域核心技术攻关。促进产学研用结合，以深远海养殖品种繁育、高效环保饲料研发、疫苗研发及病害防控、智能养殖装备、捕捞加工装备、冷链物流运输等核心技术为重点，推动先进技术装备研发，建立规模化、工业化、智能化深远海养殖技术装备体系及相关技术规范和标准。

5　结论与展望

运用地理集中指数、最邻近距离法、核密度估计

法和洛伦兹曲线分析方法对广东省养殖用海的空间分布进行了分析，同时，结合等深线数据，研究全省养殖用海近海和深远海格局，主要结论为：

1）在总体空间分布类型和格局方面，全省呈现集聚分布特征，集中分布在粤西，其中围海养殖类型的分布格局与全省一致，且集中程度比开放式养殖类型高。

2）在近海和深远海格局方面，以等深线叠加养殖用海图斑数据分析，得出研究区内无深远海养殖分布，全部为近海养殖，且主要分布在20 m等深线以内海域；在养殖用海图斑面积方面，面积差距较大，呈现不均衡分布特征。

3）从研究方法上来说，地理集中指数、最邻近距离法和核密度估计法均适宜养殖用海集中程度的表达，且呈现规律一致，相互得到验证，其中核密度估计法在空间分布格局方面有直观的结果呈现；洛伦兹曲线适宜分析面积分布的均衡性，以上方法均适宜应用到海洋资源相关要素的分布特征分析。

在下一步的研究中，可以进一步分析不同特征的分布与养殖用海规划占用情况，针对性地分析养殖用海管理方面的缺失，从法律法规、规划、用海手续等角度入手，更好地提升和优化资源配置，开拓和布局深远海养殖，攻关和创新养殖技术，探索新型养殖理念和模式[24-27]，推动海水养殖走上工业化管理的道路，是解决当前海水养殖问题的关键所在，也为新时期的海水养殖可持续发展之路提出了机遇和挑战。海洋产业的发展除了政策上的推动，还需要学者们进一步开展深远海养殖以及海洋牧场的研究，合理的提出用海空间保障的科学建议。

参考文献

[1] 周纯明. 规范养殖用海管理的实践与思考[J]. 海洋开发与管理,2007(1):27-30

[2] 杨俊嫦. 对渔民养殖用海征收海域使用金合法性的探讨[J]. 渔业经济研究,2007(5):23-26

[3] 同春芬,王赛男. 我国海水养殖社会风险及其成因分析[J]. 中国渔业经济,2016,34(1):29-35

[4] 朱文东,李大海,韩立民. 我国海洋“蓝色农田”时空特征及影响因素分析[J]. 地域研究与开发,2022,41(4):26-31

[5] 马雪健,刘大海,李晓璇,等. 中国基本养殖用海需求量预测[J]. 广东海洋大学学报,2017,37(2):11-17

[6] 李先杰,刘大海,马雪健. 我国沿海地区基本养殖用海需求量预测研究[J]. 海岸工程,2018,37(2):15-22

[7] 鄂俊,岳奇. 养殖用海管理问题与对策研究[J]. 海洋开发与管理,2020,37(1):15-20

[8] 常变蓉,张瑞英,吕献红,等. 天津市乡村旅游地的空间分布特征研究[J]. 地理空间信息,2020,18(12):65-69

[9] 王政,杨霞. 森林康养空间分布特征及其影响因素研究:以四川森林康养基地为例[J]. 林业资源管理,2020(2):146-153

[10] 谢翠容,熊忠招,帅爽,等. 襄阳市自然保护地分布特征及重叠情况研究[J]. 地理空间信息,2023,21(4):89-92

[11] 周扬,黄晗,刘彦随. 中国村庄空间分布规律及其影响因素[J]. 地理学报,2020,75(10):2 206-2 223

[12] 花玉莲,李冬花,蒋伟峰,等. 安徽省森林村庄空间分布特征及影响因素[J]. 资源开发与市场,2023,39(3):309-318

[13] 史祎雯,朱喜钢,孙洁,等. 云南省传统村落空间分布特征及其影响因素研究[J]. 资源开发与市场,2022,38(7):809-817

[14] 唐玲,杨木壮,王银霞,等. 粤港澳大湾区海岛空间分布特征探析[J]. 海洋学研究,2020,38(2):74-80

[15] 农业农村部渔业渔政管理局,全国水产技术推广总站,中国水产学会. 2022中国渔业统计年鉴[M]. 杭州:中国农业出版社,2022

[16] 张晓梅,程绍文,孙雅馨. 长江经济带高级别旅游资源空间分布及影响因素[J]. 地域研究与开发,2018,37(5):95-99

[17] 郝志刚. 中国海洋非物质文化遗产空间分布特征及其影响因素[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版),2020(2):41-54

[18] 许瑶,纪建悦,许玉洁. 中国养殖海域利用效率空间非均衡格局及成因[J]. 资源科学,2020,42(11):2 158-2 169

[19] 熊昭娣,郭印,周微微,等. 我国虾类养殖业地理集聚特征及空间演变趋势[J]. 黑龙江畜牧兽医,2021(18):26-32

[20] 董双林. 多维视角下的新时代水产养殖业发展[J]. 水产学报,2019,43(1):105-115

[21] 徐杰,韩立民,张莹. 我国深远海养殖的产业特征及其政策支持[J]. 中国渔业经济,2021,39(1):98-107

[22] 张守都,李友训,姜勇,等. 海洋强国背景下我国发展现代海水养殖业路径分析[J]. 海洋开发与管理,2021,38(11):18-26

[23] 罗国武,郭晓奇,何志超. 广东省海水养殖概况与发展方向[J]. 海洋与渔业,2018(12):70-72

[24] 刘文利,翟伟康,范诗玥,等. 全国养殖用海现状评价及对策建议研究[J]. 海洋开发与管理,2022,39(6):89-93

[25] 侯娟,周为峰,王鲁民,等. 中国深远海养殖潜力的空间分析[J]. 资源科学,2020,42(7):1 325-1 337

[26] 董双林,董云伟,黄六一,等. 迈向远海的中国水产养殖:机遇、挑战和发展策略[J]. 水产学报,2023,47(3):3-13

[27] 李纯厚,林钦,贾晓平. 我国海水网箱养殖可持续发展对策初步研究[J]. 湛江海洋大学学报,2001(2):72-76