

文章编号: 1000 - 0615(2003)06 - 0600 - 06

· 研究简报 ·

西北太平洋柔鱼渔情速报系统的开发

崔雪森¹, 樊伟^{1,2}, 沈新强¹

(1. 东海水产研究所农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090;

2. 华东师范大学河口海岸国家重点实验室, 上海 200062)

关键词: 西北太平洋; 柔鱼; 渔情预报; 系统开发

中图分类号: S934 文献标识码: A

Development of the fishing condition analysis and forecasting system of *Ommastrephes bartrami* in the northwest Pacific Ocean

CUI Xue-sen¹, FAN Wei^{1,2}, SHEN Xin-qiang¹(1. Key Laboratory of Murine & Estuarine Fisheries, Ministry of Agriculture,
East China Sea Fisheries Research Institute, Shanghai 200090, China;

2. State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: The neon flying squid, *Ommastrephes bartrami*, is one of the most important jig fisheries in the northwest Pacific Ocean. In order to understand the movement of *O. bartrami* fishing-ground better and supply *O. bartrami* fishing-ground information for Chinese fishing boats in the northwest Pacific ocean, the fishing condition analysis and forecasting system of *O. bartrami* was developed successfully. The system was based on established comprehensive database, which included the catch data of *O. bartrami* (total yields, count of total fishing boats, fishing position etc.) and oceanic environmental information (SST, SST gradient etc.). Artificial intelligent technology about case-based reasoning was also combined with GIS component technology successfully in the system. The process and function of system establishment are composed of four parts: setting up of case database for central fishing-ground and its environmental factors, knowledge reasoning of fishery information, GIS visualization analyzing as well as trend forecasting of central fishing-ground and information production mapping. At last as an example of the results, an experimental central fishing-ground forecasting of *O. bartrami*

收稿日期: 2002-09-20

资助项目: 国家海洋 863 项目资助(818-11-03)

作者简介: 崔雪森(1973-), 男, 河北唐山人, 实习研究员, 主要从事渔业资源和计算机应用研究。Tel: 021-65680117, E-mail: cui1012@sh163.net

from 9 to 15 in July 2002 in the northwest Pacific Ocean was given in the paper. The results showed that through three class similar searching forecasting central fishing-ground would move west, and indicating that forecasting of the system for *O. bartrami* central fishing-ground was correct by comparing to real fishing-ground from 16 to 22 in July 2002. Consequently, artificial intelligent expert system technology about case-based reasoning is a useful method for fishing condition and fishing-ground forecasting.

Key words: the northwest Pacific Ocean; *Ommastrephes bartrami*; fishing condition forecasting; system development

柔鱼(*Ommastrephes bartrami*)作为大洋暖水性种类,分布在北太平洋的广大海域,资源丰富。我国从1993年开始开发利用这一资源,作业渔场范围不断向东伸展,1999年达到西经175°W左右水域。1998-2000年我国每年有350-500艘鱿鱼钓船投入生产,总渔获量在 10×10^4 t以上,取得了显著的经济与社会效益^[1]。与此同时,陈新军等根据生产及调查资料对该海域的柔鱼资源及渔场环境进行了初步分析^[1-5],鱿鱼钓工作组还根据日本渔业情报信息中心发布的西北太平洋海水表层温度(SST)无线传真图,进行了手工速报图制作,为渔业生产提供一定的辅助信息,但手工速报制图速度慢,主观性强,难以规范化。计算机人工智能与地理信息系统等技术的迅速发展,使其在医疗诊断、地学研究等诸多领域得到广泛应用^[6-8]。近年来也逐渐应用到渔业生产与科学研究中,国外如加拿大、日本、俄罗斯等国家部分学者应用人工智能进行渔情信息的预报研究^[9-11],国内沈新强等^[12]用范例推理的方法建立了中心渔场智能预报系统,陈卫忠等^[13]应用模型库建立了渔业资源评估专家系统。本文则应用基于范例推理(CBR)的人工智能技术与组件式地理信息系统(ComGIS)技术,研究和开发了西北太平洋柔鱼渔情速报系统,系统界面友好,实现了人机交互的智能化分析预测和计算结果的可视化,且系统的集成应用程度较高。

1 系统总体结构与设计

1.1 系统总体结构

“西北太平洋柔鱼速报系统”的设计主要是把基于范例推理的人工智能技术和组件式地理信息系统(GIS)技术相结合,以包括生产信息和海洋环境要素(SST、SST梯度等)在内西北太平洋柔鱼综合数据库为基础,对综合数据库中的相关数据进行存储、转换和抽取,再分别建立柔鱼的中心渔场范例库、渔场环境范例库(温度场、温度梯度场等),然后根据所获取的当前西北太平洋柔鱼海渔况准实时信息,通过渔情知识提取和推理以及GIS可视化分析与制图,从而实现柔鱼中心渔场的渔情速报产品制作和趋势预测。系统的总体结构如图1所示。

1.2 建立综合数据库

西北太平洋柔鱼综合数据库包括柔鱼捕捞生产数据库和渔场环境要素数据库,数据空间覆盖范围为140°E-170°W、30°N-45°N,东西跨度达50个经度。其中捕捞生产数据库为1995年到2000年6年间我国渔业企业在西北太平洋海域从事作业生产的数据,数据字段有生产渔区(半个经纬度大小)、生产日期、所属公司、生产渔船数量、总捕捞量等。渔场环境要素数据库包括温度、温度梯度等数据。数据来源为由美国国家大气海洋局(NASA)提供的NOAA卫星传感器所获取的卫星影像以及按照特定算法进行信息反演提取和质量控制后的三级数据产品,时间跨度从1995年到2000年。数据的空间分辨率为半个经纬度,时间分辨率则根据系统的目标和应用目的,取为7天。

1.3 建立范例库

经过对有关数据进行计算、转换和抽取,从综合数据库中分别获取相应的中心渔场范例库和渔场环境范例库。

1.3.1 中心渔场范例库

中心渔场一般是指总渔获量高的渔区或单位渔获努力量(CPUE)高的区域,但对中心渔场的确切表达或定量表示还与中心渔场的大小、持续时间和人们所进行分析预报的时间长短等因素有关,也常因作业方式不同而有所不同。西北太平洋柔鱼中心渔场的定量表达是西北太平洋柔鱼速报系统开发成功的关键。对中心渔场的判别与确定,实际上也就是建造中心渔场范例库的过程。根据西北太平洋柔鱼的钓业生产方式和生产统计数据,综合对中心渔场的界定要素和形成机制等进行分析,在参考有关指标体系建立和设计原则的基础上,确定按渔区总产量(M)、渔区单船产量($A = M/$

N)、渔区作业船数(N)及总产量和单船产量的综合指数($F = (MA)^{1/2} = M/N^{1/2}$)^[14]等四种对中心渔场的评价指标。在实际的操作当中,主要根据综合指数来确定中心渔场,然后将综合指数(F)作为计算渔场重心的权重来计算出每个中心渔场的重心。

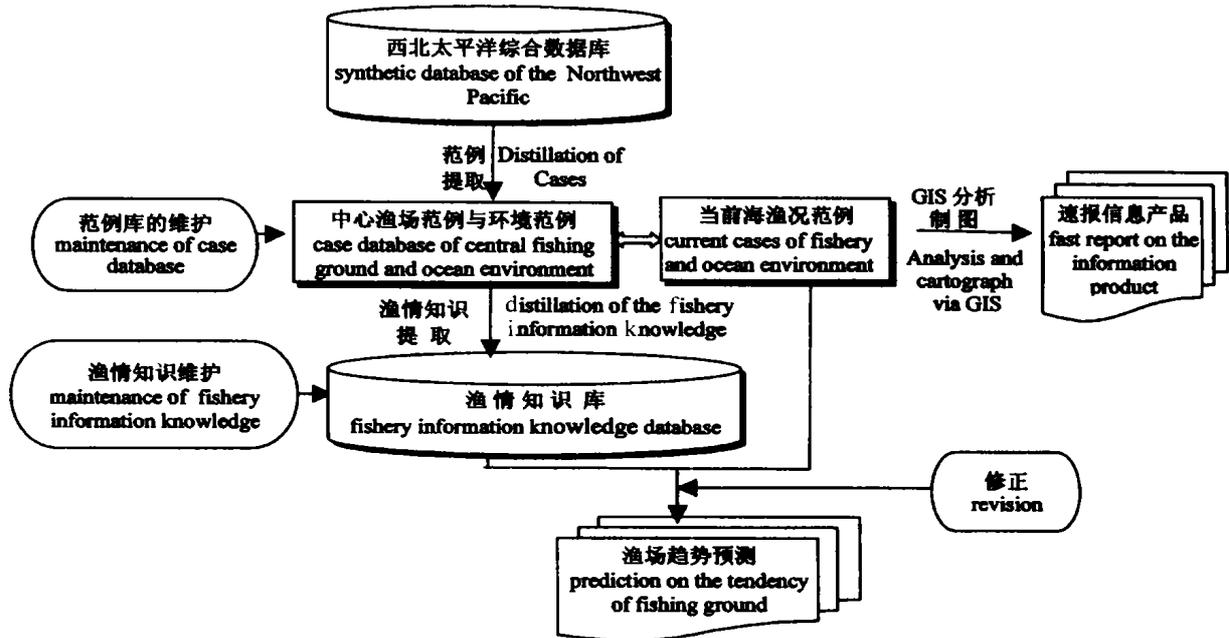


图1 西北太平洋柔鱼渔情速预报系统总体结构

Fig.1 The structure of fast report and predicting system of *Ommastrephes bartrami* in the northwest Pacific

选取中心渔场渔区时,阈值的确定是一个关键。在抽取中心渔场范例过程当中,阈值的大小也随着生产状况和季节的变化而变化。可先将进行生产的N个渔区按评价指标大小顺序排列,再选取指标最大的n(满足条件 $20\% \leq n/N \times 100\% \leq 30\%$)个渔区作为组成中心渔场范例的单元。中心渔场范例库的建造采用机器自动提取的方法,将相邻渔区作为同一中心渔场,可达到既快捷又准确的效果。另外,中心渔场范例也可通过人工提取实现。人工提取是指将分渔区、分时间段(3d、7d、1个月和任意时间段)的评价指标分级后显示在电子海图上,利用人机交互的方式,确定中心渔场范例。但当在生产范围广、作业渔船多的情况下,采用人工提取既费时又不能保证其客观性,所以应采用两者相结合的方式。

1.3.2 渔场环境范例库

柔鱼中心渔场的形成是众多海洋渔场环境要素综合作用的结果。根据所获取的海洋环境要素数据和柔鱼洄游规律的研究结果,确定柔鱼中心渔场的环境特征指标和建造渔场环境范例库,为实现系统的渔场速报和渔情趋势预测奠定基础。这里以温度场范例为例说明渔场环境范例库的抽取与建造。

由于柔鱼分布范围十分广泛,温度场数据空间分辨率较高,如果把全部研究区域内的温度数据作为温度场范例进行计算,将使系统的效率和实用性降低。另外,由于柔鱼中心渔场在某一较短时期(如7d)并不是均匀分布,而是呈现团块状分布,因此对温度场范例的抽取和计算不是在全研究海区内进行,而是考虑与所出现的中心渔场关系最密切的周围5个经纬度(即 11×11 矩阵)范围内的温度场范例进行范例推理计算。

1.3.3 当前范例的获取

要进行中心渔场的速报产品制作和渔场趋势预测,还需要获取当前准实时的渔场生产信息和渔场环境信息。我国在西北太平洋上建立了船基卫星接收系统和生产数据采集系统,将采集的实时渔业生产信息和渔场环境信息通过国际卫星直接传回系统中心,解压后分别按照一定格式进行存储,经范例提取后即可获取当前范例。

2 系统的开发与实现

2.1 系统软件平台的开发

西北太平洋柔鱼渔情速预报系统的开发基于客户/服务器(C/S)体系模式,开发平台为 Window NT 网络环境,与系

统运行有关的综合数据库则采用 SQL Server 7.0 数据库管理系统。

人工智能专家系统与 GIS 的结合具有非常重要的意义^[7]。对于复杂的现象可以用人工智能专家系统技术进行推理解决,同时 GIS 提供的空间分析功能也为人工智能专家系统提供了有力的分析工具。对于由早期 GIS 技术发展而来的功能模块化、核心式 GIS 软件等虽然在制图分析等功能上比较成熟,但都属于独立封闭的系统,可扩展性差,阻碍了 GIS 与其它系统的集成应用。而近年出现的组件式 GIS 技术,软件功能灵活,开发简捷,成本低,无须专门的 GIS 开发语言,可直接嵌入 MIS 开发工具,用户可以象使用其它 ActiveX 控件一样使用 GIS 控件。因此西北太平洋柔鱼渔情速报系统的开发实现采取基于范例推理的人工智能技术和组件式 GIS 技术相结合的方法,以 Borland 公司的可视化编程工具 Delphi6.0 和 ESRI 公司的 GIS 控件 MapObject2.0 为开发工具,实现了海洋渔业空间数据与属性数据的无缝连接与集成,实现了渔业生产数据、渔场环境数据的可视化、海图任意放大缩小、生产与环境数据叠加分析、动态连续播放、断面分析、中心渔场信息提取等功能。

2.2 系统实现过程

柔鱼中心渔场的渔情分析和趋势预测采用范例推理与专家知识修正相结合的方法,范例推理将当前中心渔场作为当前范例,通过三级相似检索找出与当前范例相似性最大的历史范例。一级相似检索为时间相似检索。是根据当前范例的起止日期,找出历史同期范例,同时因海洋环境或资源状况的年际变化,中心渔场的渔海况相似性在时间上具有一定的时间段范围,因此这里的时间检索范围包括了当前范例之前和之后 2 期的时间段。

二级相似检索为温度场相似检索。指在时间相似检索到的结果集里,找出与当前范例温度场相似的历史范例。进行温度场相似检索主要是计算当前范例和历史范例中各个温度场内对应点的温度差绝对值的总和,计算公式为:

$$D_{ab} = \sum_{i=1}^m (W_i | T_{ai} - T_{bi} |) / \sum_{i=1}^m W_i \quad (1)$$

式中: m 为温度场内温度值个数, T_{ai} , T_{bi} 分别为 a , b 两范例中第 i 个温度值, W_i 是各点温度值对中心渔场的影响权重因子, $W_i = 1/(1 + l_i)$, l_i 为第 i 个温度点到温度场中心距离(以渔区边长为单位)。

三级相似检索为渔场相似检索。在以上两次相似检索的基础上,找出最为相似的历史渔场范例。渔场相似范例通过计算当前范例的各个中心渔场与历史范例中所对应渔场的距离,以渔场重心为指标,计算出与历史范例中渔场距离最近的范例,渔场相似距计算公式为:

$$S_{ab} = \left[\left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{ai} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{bj} \right)^2 + \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Y_{ai} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_{bj} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

式中: X_{ai} , Y_{ai} 分别为 a 范例在第 i 个渔区中心的纬向、经向坐标; X_{bj} , Y_{bj} 分别为 b 范例在第 j 个渔区中心的纬向、经向坐标; m , n 分别为 a , b 两范例中心渔场的渔区个数。

通过三级相似检索,可获得当前范例与历史范例中若干个最为相似的渔场范例,对这些相似范例求取它们的重心位置和分布范围的统计学平均,最终可得到当前渔场的移动方向和下期渔场可能的分布范围,从而进行趋势预测分析。

3 试验预测与分析

试验性速报实例为 2002 年 7 月 9 日至 15 日的鱿鱼渔情速报,该时间段内总产量为 1965.98t,总船数达 2240 艘次,日均渔获量为 $327.66 \text{ t} \cdot \text{d}^{-1}$ 。7 月 9 日在 1157 渔区的日产量最高,达 21.67t。经判定本期中心渔场只有 1 个,渔场范围包括 23 个渔区,渔场重心位于 $169^{\circ}17'E, 41^{\circ}21'N$,该中心渔场表层平均温度为 17.22°C (图 2)。表 1 给出了本期与上期以及本期与历史同期海区分区表温变化比较。

表 1 本期与上期分区及历史同期表温变化比较

Tab.1 Mean SST and anomalies in the present, previous and 10-year period in selected sea areas $^{\circ}\text{C}$								
海区 sea areas	A 区 area A	B 区 area B	C 区 area C	D 区 area D	E 区 area E	F 区 area F	G 区 area G	H 区 area H
本期温度 present SST	14.44	13.50	13.62	22.22	20.61	19.61	14.98	21.41
上期温度/温差 previous SST/ anomalies	12.94/1.50	12.31/1.19	12.33/1.29	20.92/1.31	19.43/1.18	18.61/1.00	13.43/1.55	19.31/2.10
历史同期/温差 10-year mean SST/ anomalies	13.98/0.46	13.16/0.34	13.09/0.53	21.41/0.81	20.02/0.59	19.39/0.22	13.87/1.11	18.94/2.47

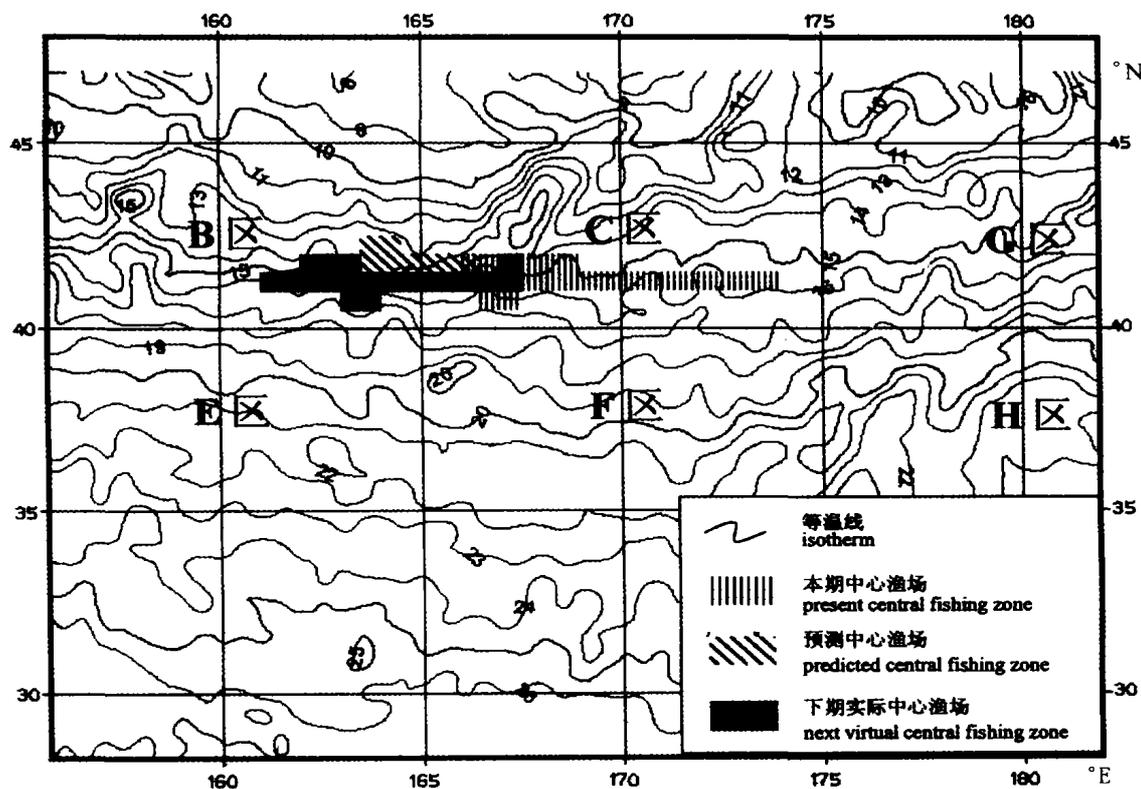


图2 西北太平洋鱿鱼渔情速报(2002年7月9日至15日)

Fig.2 Fast fishery information chart on *Ommastrephes bartrami* in the northwest Pacific during 9 - 15 July, 2002

本期研究区域黑潮势力继续增强,15°C暖水舌前锋位置比上周偏北半个纬度左右,比去年同期略强,但主干内的温度比去年低2°C左右,15°C暖水舌前锋位置比去年偏北1/3个纬度左右。亲潮势力比上周略有增强,8°C冷水舌前锋位置向南推进了约1/3个纬度,与去年同期相近。

通过三级相似检索,与本期中心渔场相似历史范例分别为1999年7月6日至12日和2001年7月3日至9日,经推理分析预测渔场将向偏西方向移动,由2002年7月16日至22日至28日的实际分布比较可知,渔场移动趋势预测结果正确。

参考文献:

- [1] Chen X J, Tian S Q. Analysis and discussion on the squid fishing ground in the Northwest Pacific[J]. Fishery Modernization, 2001, (3): 3-6. [陈新军, 田思泉. 西北太平洋海域柔鱼渔场分析探讨[J]. 渔业现代化, 2001, (3): 3-6.]
- [2] Chen X J. An approach to the relationship between the squid fishing ground and water temperature in the Northwestern Pacific[J]. J Shanghai Fish Univ, 1995, 4(3): 181-185. [陈新军. 西北太平洋柔鱼渔场与水温因子的关系[J]. 上海水产大学学报, 1995, 4(3): 181-185.]
- [3] Chen X J. An analysis on marine environment factors of fishing ground of *Ommastrephes bartrami* in Northwestern Pacific[J]. Shanghai Fish Univ, 1997, 6(4): 263-267. [陈新军. 关于西北太平洋的柔鱼渔场形成的海洋环境因子的分析[J]. 上海水产大学学报, 1997, 6(4): 263-267.]
- [4] Chen X J. The preliminary study on fishing ground of large-sized *Ommastrephes bartrami* in North Pacific waters between 160°E-170°E[J]. J Shanghai Fish Univ, 1999, 8(3): 197-201. [陈新军. 北太平洋(160°E-170°E)大型柔鱼渔场的初步研究[J]. 上海水产大学学报, 1999, 8(3): 197-201.]
- [5] Fu E B, Yu Q F. Analyses of *Ommastrephes bartrami* in North Pacific[J]. J Dalian Fish Univ, 1998, (4): 32-35. [傅恩波, 余庆福. 北太平洋红鲑鱼渔场分析[J]. 大连水产学院学报, 1998, (4): 32-35.]
- [6] Shi Z Z. High-level artificial intelligence[M]. Beijing: Science Publishing House, 1998. 78-100. [史忠植. 高级人工智能[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 78-100.]
- [7] Zhang J T, Qiu Y L. A review on artificial intelligence and expert system in geo-application[J]. Progress of Geography, 1998, 17(1): 44-51.

- [张健挺,邱友良.人工智能和专家系统在地学中的应用综述[J].地理科学进展,1998,17(1):44-51.]
- [8] Zhang H G, Zhou C B, Huang W G. Primary exploration of developing marine nature reserve geographic information system[J]. *Geo-Information Science*, 2001, 3(1): 21-26. [张华国,周长宝,黄韦良.海洋自然保护区地理信息系统建设初探[J].地球信息科学, 2001, 3(1): 21-26.]
- [9] Mackinson S. An adaptive expert system for predicting structure, dynamics and distribution of herring shoals[J]. *Ecological Modeling*, 2000, (126): 155-178.
- [10] Ichiro A, Tadashi I, Isamu M, *et al.* A prototype expert system for predicting fishing condition of anchovy (*Engraulidae*) off the coast of Kanagawa Prefecture[J]. *Bull Jap Fish Soc Sci*, 1989, 55(10): 1777-1783.
- [11] Sazonova L, Osipov G, Godovnikov M. Intelligent system for fish stock prediction and allowable catch evaluation[J]. *Environment Modeling & Software*, 1999, (14): 391-399.
- [12] Shen X Q, Fan W, Han S X, *et al.* Design and realization of intelligent predicting system of central fishing ground[J]. *J Fish Sci China*, 2000, (2): 69-72. [沈新强,樊伟,韩士鑫,等.中心渔场智能预报系统的设计与实现[J].中国水产科学, 2000, (2): 69-72.]
- [13] Chen W Z, Li C S, Hu F, *et al.* The design and development of the expert system for fish stock assessment[J]. *J Fish China*, 1999, 23(4): 343-349. [陈卫忠,李长松,胡芬,等.渔业资源评估专家系统设计与实践[J].水产学报, 1999, 23(4): 343-349.]
- [14] Gao C Y. Relationship between China's squid jigging fishery fishing ground and oceanic environment in Japan Sea and the northwest Pacific [J]. *J Far Seas Fishery*, 1996, (3): 11-17. [高崇义.日本海和西北太平洋我国鱿钓渔业渔场与海洋环境的关系[J].远洋渔业, 1996, (3): 11-17.]