

文章编号:1000-0615(2002)04-0337-07

峰值法和数据包络分析法 在中国远洋鱿钓渔业方面的应用与比较分析

郑奕¹, 周应祺²

(1. 上海水产大学人文与基础学院, 上海 200090; 2. 上海水产大学, 上海 200090)

摘要: 概述了 PTP 和 DEA 法的基本理论, 并将其应用于我国的远洋鱿钓渔业。结果表明: 1999 年我国北太平洋鱿钓渔业的“捕捞能力”尚未得到充分的发挥, 仍有潜力可挖; 影响西南大西洋鱿钓渔业“捕捞能力”的主要因素是制冷能力、钓机数、集鱼灯和 underwater lights, 而船长、船舶总吨位、功率和舱容仅为次要因素。通过应用, 本文分析比较了这两种方法的特点: PTP 法长于在时间序列方面的一个纵向的分析, 能够在一定程度上反映渔业技术和资源随时间的变化而发生的变化, 而 DEA 法则擅于在捕捞单位间进行横向的“能力”比较, 并能对影响“捕捞能力”的因素进行有效的灵敏度分析。

关键词: 峰值法; 数据包络分析法; 鱿钓; 捕捞能力

中图分类号: S911 **文献标识码:** A

The application of PTP and DEA methods to fishing capacity measurement of Chinese squid jigging fleets and the comparative study of the two methods

ZHENG Yi¹, ZHOU Ying-qi²

(1. College of the Humanities & Basic Science, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;

2. Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: This paper outlined the theories of PTP and DEA methods and applied them to the Chinese fishing fleet of squid jigging. The authors pointed out that Chinese squids jigging fleets in north Pacific have not fully utilized their fishing capacity. The results also showed that the main factors affecting the fishing capacity of the squid jigging fleet in Southwest Atlantic were refrigerating capacity, amount of sets of jigging machines, lights and under-water lights for attracting squids. However, other factors, such as the length of ship, gross tonnage, power and hold capacity, were the minor factors affecting the fishing capacity. By comparing the results using PTP and DEA methods, it can be seen that PTP method is good at the analysis on time series because it can reflect the variations in the technology and the resources of fishing to a certain extent. But DEA method is skilled in the comparison of fishing capacity between a lot of fishing units and can also make sensitivity analyses of the factors which have affected the fishing capacity.

收稿日期: 2001-09-19

基金项目: 上海水产大学校长科研基金资助项目(科 2002-47)

作者简介: 郑奕(1963-), 男, 上海人, 硕士, 副教授, 主要从事应用数学和海洋捕捞学研究。Tel: 021-65710066, E-mail: zhengyi168@online.sh.cn

Key words: PTP method; DEA method; squid jigging; fishing capacity

为了实现对全球捕捞能力的控制,联合国粮农组织(FAO)重点推荐峰值法(peak-to-peak, PTP)和数据包络分析法(data envelopment analysis, DEA),对“捕捞能力”进行量化计算^[1]。运用这些方法分析和计算具体渔业的“捕捞能力”,对渔业管理从定性走向定量、实现渔业可持续发展具有十分重要的意义。然而,目前我国关于这两种方法的应用与研究却只是刚刚开始。为了进一步做好这方面的工作,本文将 PTP 法和 DEA 法运用于我国的远洋鱿钓渔业,籍此对鱿钓渔业的生产情况进行分析;同时,在应用的基础上,对 PTP 和 DEA 法进行比较研究,以探索其在渔业应用上的适用性和特殊性。

1 基本概念和基本方法概述

1.1 基本概念

“能力利用度”(capacity utilization)是指在给定条件下的实际产出(Y)与最大的潜在产出(Y^*)之比,即 Y/Y^* ^[2]。“捕捞能力”(fishing capacity)是指一艘渔船(或一支船队)在给定的渔业资源结构和生物量的条件下,在现有的技术状态而且该船(或船队)被完全利用(即能力利用度达到 100%)的情况下,在一段时期内(年或季)所能生产的最大渔获量。即 1 艘船或 1 支船队捕鱼的能力^[1]。

1.2 PTP 法概述

Ballard 和 Roberts 在 1977 年首先提出的 PTP 方法^[3],是一种关于“能力”度量的直接而且简单的方法。在所有估算“捕捞能力”的方法中,PTP 法对数据的要求最低。

当规模收益为常数(constant returns to scale, CRS)(即投入的增长导致相同比例的产出的增加),且假设在我们研究的时间段内,劳动力和资本的投入始终保持固定的比例,则 Cobb-Douglas 的生产函数可变形为^[4]

$$Y_t/V_t = AT_t \quad (1)$$

式中, Y_t 为能力产量, V_t 为总投入数, A 取为 1, T_t 为技术趋势,其值采用 PTP 的线性假设予以估计,即

$$T_t = T_{t-m} + \frac{Y_{t+n}/V_{t+n} - Y_{t-m}/V_{t-m}}{n+m} \cdot m \quad (2)$$

其中,对一个特定的年份 t , m 和 n 的值分别代表距离前一单位投入产量峰值年和后一单位投入产量峰值年的时间长度。由(1)式和(2)式得 T_t 等于单位投入的“能力产量”,故 PTP 法中全部投入的“能力产量”为:

$$Y_t = T_t V_t \quad (3)$$

1.3 DEA 法概述

DEA 方法是由 Charnes、Cooper 和 Rhodes 在 1978 年首先提出的^[5]。它是处理不含参数的边界模型的一个有力的工具,在本质上它是一种以数学上线性规划理论为依据的求解最优解的方法。DEA 模型目前已成为生产函数理论中的一个蓬勃发展的分支。

DEA 理论认为:在 CRS 条件下,为了得到 N 个决策单元(decision making unit)的最优边界,对第 i 个决策单元可建立线性规划模型如下:

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\theta} \theta \\ \text{s. t. } & -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

向量 x_i 和 y_i 分别代表 N 个决策单元中的第 i 个所含的 K 种投入和 M 种产出。 X 表示全部 N 个决策

单元的投入数据所构成的一个 $K \times N$ 的投入矩阵, Y 表示全部 N 个决策单元的产出数据所构成的一个 $M \times N$ 的产出矩阵, λ 是一个 $N \times 1$ 的常向量, 而 θ 是一个数, 代表了第 i 个决策单元的投入利用率, 其值介于 0 与 1 之间。当 θ 的值等于 1 时, 表示相应的决策单元出现在边界上, 其投入的利用率为 100%。

对每个决策单元分别求解(4)式, 这 N 个线性规划问题就构成了在 CRS 条件下投入方向的 DEA 模型(input-oriented DEA model)。

完全类似的分析, 可以得到在 CRS 条件下产出方向的 DEA 模型(output-oriented DEA model)(模型描述的是第 i 个决策单元, i 可为 $1, 2, \dots, N$):

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{\varphi, \lambda} \Phi \\ \text{s.t. } & -\Phi y_i + Y\lambda \geq 0 \\ & x_i - X\lambda \geq 0 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Φ 代表在投入条件给定的情形下, 第 i 个决策单元在产出方面所能得到的最大的增长比例, $1 \leq \Phi \leq +\infty$ 。在 DEA 理论中, 称 Φ 的倒数为技术效率(technical efficiency)。在关于“能力”的研究中, 技术效率相当于“能力利用度”(capacity utilization)。

本文在 DEA 法计算中, 使用了 Coelli 的 DEAP 2.1 版软件^[5]。该软件是从新英格兰大学的网站上免费下载的。

2 对我国北太平洋鱿钓渔业“捕捞能力”的估算与比较

自 1994 年我国大批鱿钓船正式赴西北太平洋进行生产至今, 历时 6 年多, 取得了极为显著的经济效益和社会效益, 已发展成为中国远洋渔业的重要组成部分和国内大部分渔业企业的经济支柱^[6]。因此, 选择对我国在北太平洋“鱿钓”渔业的“捕捞能力”进行估算, 有利于该渔业的进一步规划和发展, 是一件非常有意义的工作。

根据表 1 的数据^①, 用 PTP 法和 DEA 法分别对 1994 年至 1999 年间我国在北太平洋的鱿钓渔业的“捕捞能力”进行了估算。分析图 1 所示的计

算结果可知: 1999 年我国在该地区投入的 377 艘船的实际产量为 123 990t, 而由 PTP 法((2)式和(3)式)计算得到的能力产量为 156 471.3t, 能力利用度为 79.2%, 由 DEA 法((5)式所示的模型)得出的能力产量为 145 095.4t, 能力利用度为 85.5%。两种方法都揭示, 1999 年我国在北太平洋“鱿钓”的“捕捞能力”尚未得到充分的发挥, 还有潜力可挖。其余各年份的能力产量, 参见图 1 所示, 类似的分析不再赘述。

由图 1 可见, 用 DEA 法和 PTP 法计算得到的能力产量有所差异。为此, 进一步计算由上述方法得出的单位投入的捕捞产量的值(图 2)。发现用 DEA 法计算得到的单位投入的捕捞产量在各年份均相同, 即在时间序列的分析中, DEA 法以各年份中最大的单位投入的捕捞产量为各年份全效率时的产量。这种做法的不足在于: 它不能反映这些年间发生的渔业资源和技术的变化, 尤其是对那些距效率年较远的年份影响更大。而 PTP 法由于以各年份的相对峰值间的线性插值作为全效率时的产量, 因而能在一定程度上反映这些年间发生的资源和技术的变化。另外, 上述计算也显示, 用 DEA 法来估算

表 1 1994 - 1999 年北太平洋鱿钓统计数据

Tab.1 Statistical data on squid jigging in North Pacific from 1994 to 1999

年份 year	总渔获量(t) total catch	作业船数(艘) fishing vessels	单位捕捞产量(t) per vessel's catch
1994	23 000	98	234.7
1995	73 000	248	294.4
1996	83 000	369	244.9
1997	101 800	337	302.1
1998	117 000	304	384.9
1999	123 990	377	328.9

①上海水产大学鱿钓技术组和中国渔业协会鱿钓工作组. 1999 年北太平洋鱿钓渔业资料汇编. 2000. 130.

单个投入的捕捞单位的“能力”不能发挥该方法的长处,因为其结果仅相当于以研究范围内的最大的单位投入的产出去乘以该捕捞单位所含的投入数而得到的值。显然,只有当要估计含有多种投入的捕捞单位的“能力”和“能力利用度”时,DEA法才能物尽其用。

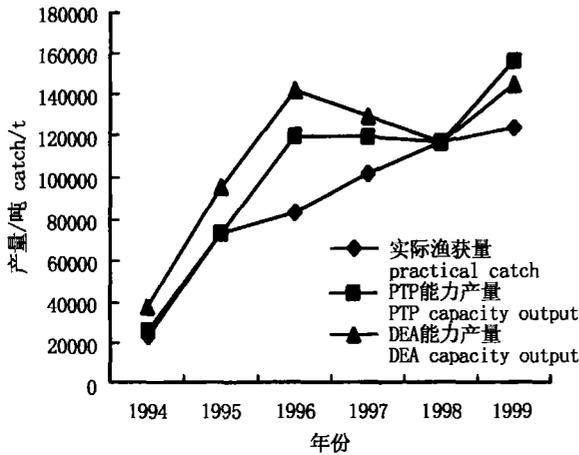


图1 北太平洋鱿钓渔业实际产量与能力产量的比较

Fig.1 Comparison between the practical catch and the capacity output to the fishery of squid jigging in North Pacific Ocean

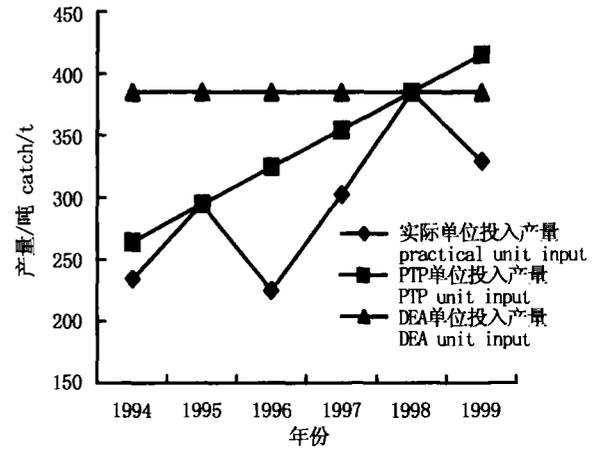


图2 北太平洋鱿钓单位投入的捕捞产量

Fig.2 The output of the unit input in the fishery of squid jigging in North Pacific Ocean

3 影响我国西南大西洋鱿钓渔业“捕捞能力”的因素分析

继我国鱿钓渔业在北太平洋取得成功,1996年底开始有部分渔业公司的渔船进入阿根廷渔场生产,至1999年后西南大西洋已成为我国远洋鱿钓渔业的一个新的经济增长点。

然而西南大西洋的鱿钓生产不完全相同于北太平洋的生产,有其自身的特点。分析并了解这些特点,有利于进一步加强管理、促进生产。为此,笔者选择了在西南大西洋公海海域作业的14艘鱿钓船作为捕捞单位(数据见表2)^②,在CRS的假设下,以产出方向的DEA模型((5)式)对这些渔船的“捕捞能力”、“能力利用度”及影响这些渔船“捕捞能力”的因素进行了分析,计算结果见表3。

表3中“能力利用度”以船长、总吨位、功率、舱容、制冷能力、钓机数、集渔灯和 underwater 灯共八种投入为限制条件而得出,“技术效率1”以上述指标中的后4个指标作为投入限制条件而得到,“技术效率2”和“技术效率3”为在“技术效率1”的4个指标基础上分别增加总吨位和舱容后得到的5个指标作为限制条件下算得,容易发现它们之间差异不大。在“技术效率1”的四个指标基础上分别增加船长和功率指标后的计算值在3位有效数字时与“技术效率1”几乎完全相等,故表3中不再列出。“技术效率4”、“技术效率5”、“技术效率6”和“技术效率7”为在“技术效率1”的4个指标基础上分别减去制冷能力、钓机数、集渔灯和 underwater 灯指标后的3个投入作为限制条件而得出,其值与“技术效率1”相差相对较大。

^②上海水产大学鱿钓技术组和中国渔业协会鱿钓工作组. 1999-2000年西南大西洋鱿钓渔业资料汇编. 2000. 71-81.

表 2 1999-2000 年西南大西洋鱿钓统计数据

Tab.2 Statistical data on squid jigging in Southwest Atlantic in the year 1999-2000

船名 vessel's name	统计产量(t) statistical catch	船长(m) vessel's length	总吨位(t) gross tonnage	功率(kW) power	舱容 hold capacity	制冷能力 refrige-rating capacity	钓机数(台) amount sets of jigging machines	集鱼灯(kW) lights for attracting squids	水下灯(组) under water lights
远顺 Yuan Shun	1 685.8	111.5	3 411	4 189.5	3 410	90	44	240	4
温渔 202 Wen Yu202	994.8	54.4	499	441	300	18	32	108	4
温渔 204 Wen Yu 204	1 103	49.2	364	735	200	25	32	120	4
成开 2 号 No.2 Cheng Kai	1 857.4	75	1 446	735	650	70	42	240	4
成开 3 号 No.3 Cheng Kai	1 669.5	75.05	1 036	735	600	50	32	100	4
成开 6 号 No.6 Cheng Kai	01 698.5	97	1 599	2 940	2 700	70	42	200	4
明兴 Min Xing	2 085	69.8	971	1 176	400	50	54	312	4
明旺 Min Wang	1 955	69.8	971	1 176	400	50	54	312	4
明远 Min Yuan	1 947	69.8	971	1 176	400	50	54	312	4
明达 Min Da	1 830	69.8	971	1 176	400	50	54	312	4
明盛 Min Sheng	1 850	85.5	1 855	2 940	600	60	54	280	4
冷 6 号 No.6 Cold	1 372	48.22	345	73.5	120	20	25	160	4
冷 9 号 No.9 Cold	943	50.4	476	441	120	20	28	160	4
冷 10 号 No.10 Cold	1 190	50.4	476	551.25	120	20	28	160	4

表 3 的计算结果证实:当采用制冷能力、钓机数、集鱼灯和 underwater 灯 4 个指标作为投入限制条件而得到的“技术效率 1”,与采用船长、总吨位、功率、舱容及前述 4 个指标共 8 种投入作为限制条件而得出的“能力利用度”的值相近;而在前述 4 个指标外,再增加船长、总吨位、功率和舱容中的任何指标作为投入均对“能力利用度”的值影响不大;但在这 4 项投入指标中去掉任意一种,都会对“能力利用度”有较明显的影响。因此,在西南大西洋鱿钓渔业中,影响“捕捞能力”的主要因素是制冷能力、钓机数、集鱼灯和 underwater 灯,而船长、总吨位、功率和舱容仅为次要因素。

进一步分析表 3 中的“均值”可以发现;4 个主要的投入因子中,underwater 灯对“捕捞能力”的影响相对较大,其次为制冷能力、集鱼灯和钓机数。

这些结果表明:首先,在西南大西洋的鱿钓作业中,underwater 灯的作用是明显的,应引起高度的重视,而集鱼灯的效果较之要弱一些,但也不可忽视;其次,西南大西洋的鱿钓渔业在鱼发旺季能形成较高的渔获量,从而使一些渔船会因加工条件不足而影响生产,因此渔船的制冷能力就显得相当重要;钓机数成为重要因素,显示了西南大西洋的鱿钓渔业是以“机钓”为主要生产方式。

比较西南大西洋鱿钓的实际生产,可以发现上述的分析还是比较合理的。因此要提高西南大西洋鱿钓渔船的“捕捞能力”,关键是要加强 underwater 灯、制冷能力、集鱼灯和钓机的配置,提高用好这些设备的水平。

由表 3 还可以看到,这些渔船总体的“能力利用度”还是比较高的,14 艘渔船的平均“能力利用度”可达 92.6%。这说明西南大西洋的鱿鱼资源是十分丰富的,因此该地区的鱿钓生产具有进一步发展的光明前景。

表 3 1999-2000 年度西南大西洋鱿钓“捕捞能力”分析

Tab.3 Analysis for fishing capacity on squid jigging in Southwest Atlantic in the year 1999-2000

船名 vessel's name	能力产量(t) capacity output	能力利用率 (%) capacity utilization	技术效率 1 (%) technical efficiency1	技术效率 2 (%) technical efficiency2	技术效率 3 (%) technical efficiency3	技术效率 4 (%) technical efficiency4	技术效率 5 (%) technical efficiency5	技术效率 6 (%) technical efficiency6	技术效率 7 (%) technical efficiency7
远顺 Yuan Shun	1 896.1	88.9	88.9	88.9	88.9	88.9	86.7	88.9	70.8
温渔 202 Wen Yu202	1 023.5	97.2	97.2	97.2	97.2	59.6	97.2	80.6	97.2
温渔 204 Wen Yu 204	1 133.2	97.3	88.6	97.3	92.0	66.1	88.6	74.0	88.6
成开 2 号 No.2 Cheng Kai	1 857.4	100.0	99.9	99.0	99.9	99.9	95.6	99.9	81.4
成开 3 号 No.3 Cheng Kai	1 669.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
成开 6 号 No.6 Cheng Kai	1 858.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.0	91.4	75.6
明兴 Min Xing	2 085.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	71.6
明旺 Min Wang	2 085.0	93.8	93.8	93.8	93.8	93.8	93.8	93.8	67.1
明远 Min Yuan	2 085.0	93.4	93.4	93.4	93.4	93.4	93.4	93.4	66.8
明达 Min Da	2 085.0	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	62.8
明盛 Min Sheng	2 022.3	91.5	91.5	91.5	91.5	91.5	91.5	88.7	63.6
冷 6 号 No.6 Cold	1 372.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
冷 9 号 No.9 Cold	1 372.0	68.7	68.7	68.7	68.7	62.9	68.7	68.7	68.7
冷 10 号 No.10 Cold	1 372.0	86.7	86.7	86.7	86.7	79.4	86.7	86.7	86.7
均值 average		92.6	92.0	92.6	92.2	86.8	91.5	89.6	78.6

4 两种“能力”估算方法的比较

根据上述运算和分析可以发现:在时间序列的分析中,PTP法由于能够反映技术和资源随时间的变化而变化,因此其得出的结果较在同样数据条件下的DEA分析中所得到的结论更合理些。但是PTP法只适用于对单个捕捞单位的单个投入进行分析,所以其局限性是很大的。而在这方面,DEA法则表现出了极大的灵活性:它可以将各种对渔业生产的限制条件作为投入来比较各个捕捞单位的“能力”和效率。即DEA法不但可以允许多种投入,同时还允许多个捕捞单位。正是由于DEA法可以综合一个时间点上多个捕捞单位的信息,因此其对于一个时间点上具体捕捞单位的“捕捞能力”的估计,显然要较只能处理一个捕捞单位信息的PTP法更合理与准确一些。另外,从用DEA法对“影响我国西南大西洋鱿钓渔业‘捕捞能力’的因素分析”中可以看出:用DEA法对各种投入因子影响“能力”的程度进行灵敏度分析,其结果是比较符合渔业实际的,因此是可行的,而这一点也是PTP法所不能的。

据此PTP法和DEA法在应用方面的主要差异在于:第一,在进行时间序列的分析时,PTP法的结果较DEA法的计算值更合理一些;第二,PTP法只能对单个捕捞单位的单个投入的产出进行时间序列的分析,而DEA法则更擅长于对含有多个投入的多个捕捞单位进行能力估算,而且是在一个时间点上进行的,这是PTP法所不能的;第三,DEA法能对各种投入因子影响“能力”的程度进行灵敏度分析,PTP法做不到这一点。

总之,PTP法是关于“能力产量”在时间序列方面的一个纵向的分析,而DEA法则擅长于在捕捞单位间进行横向的“能力”比较。从这个意义上讲,两者各有所长:PTP法的纵向分析可以用于对未来年

份的“捕捞能力”的预测,而 DEA 法的横向分析对当前年份的“捕捞能力”的估计则更合理一些。

值得注意的是,无论在 PTP 法还是在 DEA 法中,尽管“能力利用度”同样反映了对现有“生产能力”的利用情况,可以作为一种比较生产效率的指标,但这两种方法都只具有比较意义,而不代表一个具体的生产效率的水平。因为在这两种方法中得出的最大的潜在产量均是以所研究的捕捞单位中得到过的最大产量为参照的,因此实际上是一种相对的最大产量,它往往和理论上的绝对的最大潜在产量存在差距。所以,由这种相对潜在产量得出的相应的“能力利用度”自然是具有相对性的。如当一个生产单位的“能力利用度”为 80% 时,并不意味着其一定只有 20% 的“能力”可以利用,而只是说明其比相应的“能力利用度”为 70% 的生产单位的生产效率要高一些而已,所以“能力利用度”的概念用“能力相对利用度”来概括似乎要更确切。

参考文献:

- [1] FAO. Report of the technical working group on the management of fishing capacity[R]. Rome: FAO Fisheries Report No. 615, 2000, 32-51.
- [2] Nelson, R. On the measurement of capacity utilization[J]. Journal of Industrial Economics, 1989, 37(3): 16.
- [3] Ballard K, Roberts J. Empirical stimulation of the capacity utilization rates of fishing vessels in 10 major Pacific coast fisheries[C]. Washington, D, C: National Marine Fisheries Service, 1977, 25.
- [4] FAO Fisheries Department. Managing fishing capacity[C]. Rome: FAO Fisheries Technical Paper 386, 1999, 75-116.
- [5] Coelli T J. Recent developments in frontier modeling and efficiency measurement[J]. Australian Journal of Agriculture Economics, 1995, 39(3): 219-245.
- [6] Luo F C, Jia F, Chen N. Development and prospects to Chinese marine squid jigging fishery[J]. J Dalian Fisheries University, 2000, 15(2): 138. [罗福才, 贾复, 陈 农. 中国远洋鱿钓渔业的发展与前景[J]. 大连水产学院学报, 2000, 15(2): 138.]

欢迎订阅 2003 年《中国水产科学》

《中国水产科学》是中国水产科学研究院主办的学术期刊,主要报道水产生物学基础研究、水产生物病害及其防治、水产生物营养及其饲料、渔业生态保护及渔业水域环境保护、水产品保鲜与加工综合利用、水产资源、海淡水捕捞、水产养殖与增殖以及渔船、渔业机械与仪器等方面的最新进展、最新成果、最新技术和方法。主要服务对象是科研、教学、科技管理人员以及大专院校师生。是反映水产科研创新成果的窗口和培养人才的园地。它面向水产业,为水产业的持续发展和水产经济建设服务。

《中国水产科学》为双月刊, A4 开本, 每期 88 页, 双月出版, 国内外公开发行。国内定价 14 元/期, 全年 84 元(含邮费)。邮发代号: 18-250, 国内统一刊号: CN 11-3446/S, 国际标准刊号: ISSN 1005-8737, 国外代号: 4639Q。全国各地邮电局(所)均办理订阅手续(可破季订阅)。漏订或补订当年和过期期刊, 请直接向编辑部订阅。另备有少量合订本, 欢迎购买。

地址: 北京市丰台区青塔村 150 号, 邮编: 100039

联系电话: 010-68673921, 传真: 010-68673931

E-mail: jfishok@publica.cninfo.net