

## 福建沿海张网作业捕捞能力的计算分析

方水美

(福建省水产研究所, 福建 厦门 361012)

**摘要:**根据2002年福建沿海张网作业的生产调查及全省渔业统计,应用数据包络分析(DEA)法,分析福建沿海6个地级市和4个县市张网作业的捕捞能力及其影响因素,并与单位捕捞努力量渔获量(CPUE)法进行比较。结果表明,2000年和2002年,福建沿海张网作业“能力利用度”的变化范围分别为5.2%~100%和7.3%~100%,平均为67.2%和80.9%。各地市间张网作业的“能力利用度”有极显著差异( $P < 0.01$ ),对给出的投入要素的利用未达到充分发挥其应有产出能力的水平,存在张网作业船数和网具数量的投入过多、渔船功率和吨位的投入偏大的问题。调查36个捕捞单位的“能力利用度”变化范围为46.4%~100%,平均77.4%。4个县市不同生产水域间张网作业“能力利用度”的差异极显著( $P < 0.01$ ),捕捞单位间的“能力利用度”有显著差异( $P < 0.05$ )。近海有翼张网的平均“能力利用度”高于沿岸无翼张网的平均“能力利用度”;张网捕捞单位投入的功率、吨位、网具数量、渔船数和作业天数,对其捕捞能力的发挥有比较重要的影响。跨生产水域比较各捕捞单位投入的网具规格和船员数对其“捕捞能力”有一定的影响。CPUE法仅适用于单一或两个投入因子的计量,不足以充分反映张网作业的实际捕捞能力;DEA法则擅长多种投入要素的生产决策,提供各种约束条件的最优选择途径,可以有效获取比较全面的、能反映具有多重投入性质的张网作业的捕捞能力。

**关键词:**数据包络分析法;CPUE法;生产水域;捕捞方式;捕捞能力

**中图分类号:**S972.12 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2005)03-0321-08

捕捞能力的研究是国际渔业管理研究领域中的一项重要课题,对于控制或防止过剩捕捞能力、捕捞投入要素的决策和减少经济浪费等实质问题,均具有重要的指导意义和应用价值。鉴于传统上采用计量渔船物质产出能力(单位捕捞努力量渔获量 Catch per unit of effort, CPUE)方法的局限性<sup>[1]</sup>,国内周应祺、陈新军、郑奕等<sup>[2-5]</sup>借鉴欧美等国有关捕捞能力的研究经验,根据FAO捕捞能力管理技术工作组的推荐,结合我国沿海实际展开有关捕捞能力的理论研究;郑奕等还将数据包络分析法(data envelopment analysis, DEA)应用于对中国远洋渔业、远洋鱿钓渔业和浙江近海部分帆张网的捕捞能力的量化实践。但张网作业是中国沿海传统的海洋捕捞渔具,基于不同地区局部水域和捕捞对象的不同,造就了地区间张网作业方式的多样化。本研究根据福建沿海4个县市张网作业的生产调查和相关的统计调查资料,应用DEA法,分别比较不同地区张网作业及其不同捕捞方式的捕捞能力的差异,对多种投

入要素进行决策分析,并与CPUE法进行比较。旨在为福建张网作业捕捞能力的管理和优化张网生产投入要素组合提供科学决策依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

材料取自2002年福建沿海的福鼎(编号1~10)、东山(编号11~16)、惠安(编号17~26)和龙海(编号27~36)4个县市张网作业36个捕捞单位的调查资料(表1),以及2000年和2002年福建各地市的渔业统计资料(表3),结合2000年全省沿海海洋捕捞渔船普查资料,进行综合分析。

考虑到所调查36个捕捞单位的生产水域和捕捞方式的不同,以及各捕捞单位生产要素的投入及其配置的差别,本研究采用分生产水域、捕捞方式进行统计分析,考察不同水域、不同捕捞方式及其各捕捞单位的“捕捞能力”的利用情况等。

收稿日期:2004-08-09;修订日期:2004-11-05。

基金项目:福建省海洋与渔业局资助项目(闽海渔科0107号)。

作者简介:方水美(1952-),男,高级工程师,主要从事海洋捕捞学和渔业管理方面研究。Tel:0592-5678565, E-mail:smfang\_001@163.com

表1 不同生产水域张网作业的投入、产出调查及其计算捕捞能力

Tab.1 Input and output investigation and calculated fishing capacity of swing net in different waters

| 编号<br>Vessel<br>no.                                                                                       | 产量/t<br>Yield | 吨位<br>Tonnage | 功率/kW<br>Power | 网口<br>周长/m<br>Circum-<br>ference of<br>netmouth | 网衣<br>长度<br>/m<br>Net body<br>length | 最大<br>网目<br>/cm<br>Maximum<br>mesh size | 最小<br>网目<br>/cm<br>Minimum<br>mesh size | 挂网<br>张数<br>/张<br>Net's<br>number | 作业<br>天数<br>/d<br>Days | 船员数<br>/人<br>Crew | 能力<br>产量/t<br>Capacity<br>output | 能力利<br>用率/%<br>Capacity<br>utilization |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|----------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------------------------|
| 闽东、闽南近海有翼张网 The swing of near waters in eastern and southern Fujian(水深 Water depth: 50 ~ 60 m, 25 ~ 35 m) |               |               |                |                                                 |                                      |                                         |                                         |                                   |                        |                   |                                  |                                        |
| 1                                                                                                         | 225           | 40            | 88.2           | 124.2                                           | 79.03                                | 27                                      | 1.15                                    | 20                                | 180                    | 4                 | 237.8                            | 94.6                                   |
| 2                                                                                                         | 225           | 44            | 110.3          | 124.2                                           | 79.03                                | 27                                      | 1.15                                    | 20                                | 180                    | 3                 | 225                              | 100                                    |
| 3                                                                                                         | 225           | 45            | 110.3          | 124.2                                           | 79.03                                | 27                                      | 1.15                                    | 18                                | 180                    | 4                 | 252                              | 89.3                                   |
| 4                                                                                                         | 252           | 42            | 110.3          | 124.2                                           | 79.03                                | 27                                      | 1.15                                    | 18                                | 180                    | 4                 | 252                              | 100                                    |
| 5                                                                                                         | 250           | 44            | 110.3          | 124.2                                           | 79.03                                | 27                                      | 1.15                                    | 18                                | 180                    | 4                 | 252                              | 99.2                                   |
| 6                                                                                                         | 275           | 45            | 110.3          | 124.2                                           | 79.03                                | 27                                      | 1.15                                    | 18                                | 220                    | 4                 | 275                              | 100                                    |
| 7                                                                                                         | 280           | 49            | 99.3           | 124.2                                           | 79.03                                | 27                                      | 1.15                                    | 18                                | 210                    | 4                 | 280                              | 100                                    |
| 8                                                                                                         | 285           | 48            | 99.3           | 124.2                                           | 79.03                                | 27                                      | 1.15                                    | 20                                | 220                    | 4                 | 285                              | 100                                    |
| 9                                                                                                         | 255           | 52            | 99.3           | 124.2                                           | 79.03                                | 27                                      | 1.15                                    | 20                                | 210                    | 4                 | 280                              | 91.1                                   |
| 10                                                                                                        | 250           | 35            | 99.3           | 124.2                                           | 79.03                                | 27                                      | 1.15                                    | 20                                | 215                    | 4                 | 265                              | 100                                    |
| 11                                                                                                        | 60            | 12            | 29.4           | 92.5                                            | 56                                   | 26                                      | 1                                       | 10                                | 240                    | 4                 | 250                              | 76.5                                   |
| 12                                                                                                        | 64            | 12            | 58.8           | 92.5                                            | 56                                   | 26                                      | 1                                       | 10                                | 230                    | 4                 | 78.4                             | 74.7                                   |
| 13                                                                                                        | 60            | 12            | 35.3           | 92.5                                            | 56                                   | 26                                      | 1                                       | 10                                | 240                    | 4                 | 85.7                             | 70.0                                   |
| 14                                                                                                        | 60            | 15            | 58.8           | 92.5                                            | 56                                   | 26                                      | 1                                       | 10                                | 230                    | 4                 | 85.7                             | 56.0                                   |
| 15                                                                                                        | 72            | 15            | 58.8           | 92.5                                            | 56                                   | 26                                      | 1                                       | 10                                | 230                    | 4                 | 107.1                            | 67.2                                   |
| 16                                                                                                        | 76            | 15            | 58.8           | 92.5                                            | 56                                   | 26                                      | 1                                       | 10                                | 230                    | 4                 | 107.1                            | 70.9                                   |
| 平均<br>Average                                                                                             | 182.1         | 32.8          | 83.6           | 112.3                                           | 70.4                                 | 26.6                                    | 1.1                                     | 16                                | 211                    | 4                 | 207.4                            | 86.8                                   |
| 闽南沿岸无翼张网 The swing of off-shore waters in southern Fujian(水深 Water depth: 16 ~ 25 m)                      |               |               |                |                                                 |                                      |                                         |                                         |                                   |                        |                   |                                  |                                        |
| 17                                                                                                        | 31.7          | 2             | 8.8            | 16                                              | 22                                   | 8                                       | 1                                       | 3                                 | 240                    | 1                 | 41.6                             | 76.2                                   |
| 18                                                                                                        | 42.5          | 2             | 8.8            | 16                                              | 22                                   | 8                                       | 1                                       | 4                                 | 235                    | 1                 | 43.5                             | 97.8                                   |
| 19                                                                                                        | 45.0          | 2             | 8.8            | 16                                              | 22                                   | 8                                       | 1                                       | 5                                 | 240                    | 1                 | 46.1                             | 97.6                                   |
| 20                                                                                                        | 39.5          | 2             | 8.8            | 16                                              | 22                                   | 8                                       | 1                                       | 3                                 | 240                    | 1                 | 41.6                             | 95.0                                   |
| 21                                                                                                        | 37.5          | 2             | 8.8            | 16                                              | 22                                   | 8                                       | 1                                       | 4                                 | 240                    | 1                 | 43.9                             | 85.5                                   |
| 22                                                                                                        | 40.6          | 2             | 8.8            | 16                                              | 22                                   | 8                                       | 1                                       | 4                                 | 235                    | 1                 | 43.5                             | 93.4                                   |
| 23                                                                                                        | 38.4          | 2             | 8.8            | 16                                              | 22                                   | 8                                       | 1                                       | 3                                 | 230                    | 1                 | 40.8                             | 94.0                                   |
| 24                                                                                                        | 37.8          | 2             | 8.8            | 16                                              | 22                                   | 8                                       | 1                                       | 3                                 | 235                    | 1                 | 41.6                             | 90.9                                   |
| 25                                                                                                        | 46.1          | 2             | 8.8            | 16                                              | 22                                   | 8                                       | 1                                       | 5                                 | 240                    | 1                 | 46.1                             | 100                                    |
| 26                                                                                                        | 41.6          | 2             | 8.8            | 16                                              | 22                                   | 8                                       | 1                                       | 3                                 | 235                    | 1                 | 41.6                             | 100                                    |
| 27                                                                                                        | 10            | 1.5           | 3.7            | 12                                              | 12                                   | 20                                      | 1                                       | 15                                | 240                    | 2                 | 19.4                             | 51.6                                   |
| 28                                                                                                        | 10            | 1.5           | 3.7            | 12                                              | 12                                   | 20                                      | 1                                       | 10                                | 240                    | 2                 | 19.4                             | 51.6                                   |
| 29                                                                                                        | 10.5          | 1.5           | 3.7            | 12                                              | 12                                   | 20                                      | 1                                       | 10                                | 240                    | 2                 | 19.4                             | 54.2                                   |
| 30                                                                                                        | 9             | 1.5           | 3.7            | 12                                              | 12                                   | 12                                      | 1                                       | 10                                | 240                    | 2                 | 19.4                             | 46.4                                   |
| 31                                                                                                        | 9             | 1.5           | 3.7            | 12                                              | 12                                   | 12                                      | 1                                       | 12                                | 240                    | 2                 | 19.4                             | 46.4                                   |
| 32                                                                                                        | 11            | 1.5           | 3.7            | 12                                              | 12                                   | 12                                      | 1                                       | 18                                | 240                    | 2                 | 19.4                             | 56.8                                   |
| 33                                                                                                        | 11            | 1.5           | 3.7            | 12                                              | 12                                   | 12                                      | 1                                       | 18                                | 240                    | 2                 | 19.4                             | 56.8                                   |
| 34                                                                                                        | 12            | 1.5           | 3.7            | 12                                              | 12                                   | 12                                      | 1                                       | 18                                | 240                    | 2                 | 19.4                             | 61.9                                   |
| 35                                                                                                        | 9             | 1.5           | 3.7            | 12                                              | 12                                   | 12                                      | 1                                       | 13                                | 240                    | 2                 | 19.4                             | 46.4                                   |
| 36                                                                                                        | 12            | 1.5           | 3.7            | 12                                              | 12                                   | 12                                      | 1                                       | 16                                | 240                    | 2                 | 19.4                             | 61.9                                   |
| 平均<br>Average                                                                                             | 25.2          | 1.8           | 6.3            | 14                                              | 17                                   | 11.2                                    | 1                                       | 9                                 | 239                    | 1.5               | 31.2                             | 73.2                                   |

## 1.2 计算方法

采用 DEA 方法,该法是由 Coelli 等<sup>[6]</sup>首先提出,其基本假设和计算模型如下。

设  $N$  个决策单元(decision making unit, DMU)中,每个含有  $K$  种投入和  $M$  种产出。第  $i$  个 DMU 可以分别用向量  $x_i$  和  $y_i$  来代表。这样,全部  $N$  个 DMU 的投入和产出数据分别构成了一个  $K \cdot N$  的投入矩

阵(记为  $X$ )和一个  $M \cdot N$  的产出矩阵(记为  $Y$ )。

对第  $i$  个 DMU( $i=1, 2, \dots, N$ ),在规模收益为常数(Constant return to scale, CRS)的条件下,建立线性规划模型:

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

$$\begin{aligned}\theta_i - X\lambda &\geq 0 \\ \lambda &\geq 0\end{aligned}\quad (1)$$

式中,  $\lambda$  是 1 个  $N \times 1$  的常向量,  $\theta$  是代表第  $i$  个 DMU 投入的利用率, 其值介于 0 与 1 之间。当  $\theta$  的值等于 1 时, 表示相应的 DMU 出现在边界上, 其对投入的利用率为 100%。

对每个 DMU 分别求解式(1), 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)。

类似地, 可得在 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 DMU,  $i$  可为  $1, 2, \dots, N$ ):

$$\begin{aligned}\text{Max}_{\Phi} & \Phi \\ \text{s.t.} & \\ & -\Phi_j + Y\lambda \geq 0 \\ & x_i - X\lambda \geq 0 \\ & \lambda \geq 0\end{aligned}\quad (2)$$

式中,  $\Phi$  代表在投入条件给定的情形下, 第  $i$  个 DMU 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  $\Phi$  的倒数为技术效率(technical efficiency, TE)。

若记  $P$  为当前产量,  $\Phi P$  为潜在产量。则有:

$$P/(\Phi P) = 1/\Phi = \text{TE}$$

在关于“能力”研究中, “技术效率”相当于“能力利用度”(capacity utilization)<sup>[7]</sup>。

有关 DEA 计算采用 Coelli DEAP2.1 软件<sup>[8]</sup>。有关松弛量的处理采用多步法<sup>[9]</sup>。

FAO 技术报告认为<sup>[8]</sup>, “捕捞能力是一艘渔船

(或一支船队)在给定的渔业资源或生物量的条件下, 在现有的技术下, 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。”

## 2 结果与分析

### 2.1 张网作业不同捕捞方式的捕捞能力

根据调查, 按张网作业捕捞方式分组, 以各捕捞单位的吨位、功率、网口周长(无翼张网采用网口周长)、网衣长度、最大网目、最小网目、挂网张数、作业天数、船员数共 9 项投入指标为约束条件, 计算结果见表 1。闽东和闽南近海生产的有翼张网的平均“能力利用度”为 86.8%。其中, 前 10 艘(编号 1~10)闽东近海生产的有翼张网的平均“能力利用度”为 97.4%, 高于后 6 艘(编号 11~16)闽南近海生产的有翼张网的平均“能力利用度”69.2%。当将表 2 中前 16 个捕捞单位的吨位、作业天数、船员数和功率共 4 项投入指标中的任意 1 项单独不作为约束条件时, 平均“能力利用度”依序分别为 79.0%、85.4%、86.2% 和 86.3%; 闽南沿岸生产的无翼张网的平均“能力利用度”为 73.2%。其中, 前 10 艘(编号 17~26)惠安沿岸生产的无翼张网的平均“能力利用度”为 93.4%, 高于后 10 艘(编号 27~36)龙海沿岸生产的无翼张网的平均“能力利用度”53.4%。如果把表 1 中后 20 个捕捞单位的功率、挂网数量和作业天数共 3 项投入指标中的任意 1 项单独不作为约束条件, 计算平均“能力利用度”依序分别为 67.1%、70.7% 和 73.0%。

表 2 按县市、使用网具规格分组计算的捕捞能力  
Tab.2 Calculated fishing capacity by city and net size

| 项 目 Item                          | 福 鼎<br>Fuding | 东 山<br>Dongshan | 惠 安<br>Huian | 龙海 Longhai |       | 合 计<br>Total |
|-----------------------------------|---------------|-----------------|--------------|------------|-------|--------------|
|                                   |               |                 |              | 1          | 2     |              |
| 产量/t Yield                        | 2 522         | 392             | 400.7        | 30.5       | 73    | 3 418.2      |
| 渔船数/艘 Vessel numbers              | 10            | 6               | 10           | 3          | 7     | 36           |
| 总吨位/t Total tonnage               | 444           | 81              | 20           | 4.5        | 10.5  | 560          |
| 总功率/kW Total power                | 1 036.9       | 299.9           | 88.2         | 11.1       | 25.9  | 1 462        |
| 网口周长/m Circumference of net mouth | 124.2         | 92.5            | 16           | 12         | 12    |              |
| 网衣长度/m Net body length            | 79            | 56              | 22           | 12         | 12    |              |
| 网口最大网目/cm Maximum mesh size       | 27            | 26              | 8            | 20         | 12    |              |
| 囊网最小网目/cm Minimum mesh size       | 1.15          | 1               | 1            | 1          | 1     |              |
| 挂网数量/张 Net's number               | 190           | 60              | 37           | 35         | 105   | 427          |
| 作业天数/d Days                       | 1 975         | 1 400           | 2 370        | 720        | 1 680 | 8 145        |
| 船员数/ind Crew                      | 39            | 24              | 10           | 6          | 14    | 93           |
| 能力产量/t Capacity output            | 2 522         | 585.6           | 400.7        | 50.4       | 117.7 | 3 676.4      |
| 能力利用度/% Capacity utilization      | 100           | 66.9            | 100          | 60.5       | 62.0  | 77.9         |

当以县级市作为决策单元,并按使用网具规格分组,集合表1各捕捞单位投入的吨位、功率、挂网张数、作业天数和船员数,增加渔船数量,以10项投入指标作为约束条件时,各县级市有翼张网和无翼张网的综合平均“能力利用度”为77.9%(表2)。若是将表2中捕捞单位的功率、吨位和渔船数量共3项投入指标中的任意1项单独不作为约束条件,计算平均“能力利用度”依序分别为67.1%、74.6%和77.8%。

如果将所有调查捕捞单位作为决策单元,仍以表1中9项投入指标作为约束条件,依表1给定

1—36编号,综合计算这36艘调查标本船的平均“能力利用度”为77.4%(图1, TE)。其中编号30、31和35号船最低仅为46.4%。若是再将捕捞单位投入的功率、吨位、挂网数量、作业天数、船员数和最小网目共6项投入指标中的任意1项单独不作为约束条件,计算平均“能力利用度”依序分别为73.2%、75.3%、75.8%、76.6%、77.1%和77.2%。上述尚未提及的其余投入指标中的任意1项单独(或全部)不作为约束条件,计算平均“能力利用度”无发生变化。

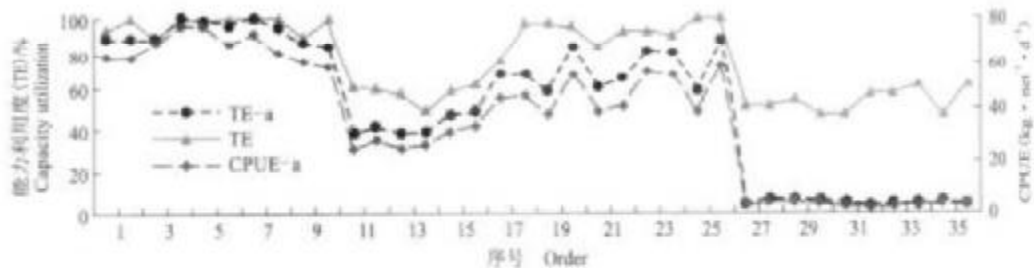


图1 36艘张网作业渔船的“能力利用度”与单位努力量渔获量的比较

注:以挂网数量和作业天数计量能力利用度(TE-a)和单位努力量渔获量(CPUE-a);以9项投入因子计量能力利用度(TE)。

Fig. 1 Comparison between capacity utilization and CPUE of 36 sewing net vessel's

Note: Capacity utilization(TE-a) and CPUE(TE-a) are calculated by net numbers and fishing days; Capacity utilization(TE) is calculated by nine input factors.

方差分析结果表明,4个县市不同生产水域间张网作业的“能力利用度”有极显著差异( $P < 0.01$ ,  $F = 155.27 > F_{0.01} = 4.76$ ),36个捕捞单位间的“能力利用度”有显著性差异( $P < 0.05$ ,  $F = 2.56 > F_{0.05} = 2.32$ )。

综上所述,近海有翼张网的平均“能力利用度”,总体高于沿岸无翼张网的平均“能力利用度”。不同水域间和捕捞单位间的“能力利用度”存在极显著差异或显著差异。在张网渔船投入的生产要素中,捕捞单位投入的功率、吨位、作业天数、网具数量和渔船数,对张网作业捕捞能力的发挥有较重要的影响。跨生产水域比较各捕捞单位投入的网具规格和船员数对张网作业的“捕捞能力”也有一定的影响。但同一水域生产各捕捞单位投入的网具主尺度、规格及其配置相对较为合理。

## 2.2 不同地市张网作业的捕捞能力

据福建省渔业统计,以地级市为决策单元,给定张网作业渔船投入的数量、功率、吨位和网具使用量

为约束条件,采用DEA法的计量结果表明(表3),2000年和2002年全省张网作业产量分别为 $62.6 \times 10^4$  t和 $51.2 \times 10^4$  t,由产出方向的DEA法得出潜在“能力产量”分别可达 $81.0 \times 10^4$  t和 $54.4 \times 10^4$  t,2000年计量“能力利用度”变化范围为5.2%—100%,平均67.2%。2002年计量“能力利用度”变化范围为7.3%—100%,平均80.9%。各地市张网作业的“能力利用度”以福州、泉州两地市保持最高为100%,厦门市最低分别为5.2%和7.3%。

方差分析结果,不同地市间张网作业的“能力利用度”有极显著差异( $P < 0.01$ ,  $F = 21.57 > F_{0.01} = 11.0$ ),不同年度间张网作业“能力利用度”的差异未达到显著水平( $P > 0.05$ ,  $F = 5.01 < F_{0.05} = 6.61$ )。可见,福建省各地市张网作业生产能力的发挥水平很不均衡,呈两极分化态势。2000年福建省沿海张网作业的平均“能力利用度”较低,2002年度的平均“能力利用度”有所提高,对给出的投入要素的利用较为充分。

表3 2000年和2002年福建各地市张网作业的捕捞能力  
Tab.3 Fishing capacity of swing net in different city of Fujian in 2000 and 2002

| 年度<br>Year | 地区<br>Area   | 捕捞投入、产出实际值<br>Fishing catch practical input and output |                  |                |                  |               | Output-oriented<br>DEA法 |                    | Input-oriented DEA的理论规划值<br>Input-oriented DEA projected value |                |                  |               |
|------------|--------------|--------------------------------------------------------|------------------|----------------|------------------|---------------|-------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------|----------------|------------------|---------------|
|            |              | 总产量<br>/t                                              | 船数<br>/艘         | 总功率<br>/kW     | 总吨位<br>/t        | 网具数<br>量/张    | 能力利<br>用度/%             | 能力产<br>量/t         | 船数<br>/艘                                                       | 总功率<br>/kW     | 总吨位<br>/t        | 网具数<br>量/张    |
|            |              | Total<br>catch                                         | Vessel<br>number | Total<br>power | Total<br>tonnage | Net<br>number | Capacity<br>utilization | Capacity<br>output | Vessel<br>number                                               | Total<br>power | Total<br>tonnage | Net<br>number |
| 2000       | 宁德 Ningde    | 186523                                                 | 4154             | 93839          | 35143            | 44097         | 64.9                    | 287298             | 2286                                                           | 59438          | 22816            | 28629         |
|            | 福州 Fuzhou    | 246047                                                 | 2667             | 103186         | 45632            | 28791         | 100                     | 246047             | 2667                                                           | 103186         | 45632            | 28791         |
|            | 莆田 Putian    | 61616                                                  | 1454             | 23875          | 7619             | 16028         | 67.6                    | 91140              | 809                                                            | 15829          | 5151             | 10836         |
|            | 泉州 Quanzhou  | 64920                                                  | 910              | 12549          | 2839             | 12912         | 100                     | 64920              | 910                                                            | 12549          | 2839             | 12912         |
|            | 厦门 Xiamen    | 1037                                                   | 679              | 3857           | 1670             | 4890          | 5.2                     | 19954              | 15                                                             | 201            | 45               | 206           |
|            | 漳州 Zhongzhou | 66312                                                  | 2146             | 32941          | 12061            | 15670         | 65.7                    | 100991             | 817                                                            | 20825          | 7919             | 10289         |
|            | 合计 Total     | 626455                                                 | 12010            | 270247         | 104964           | 122388        | 67.2                    | 810350             | 7504                                                           | 212028         | 84402            | 91663         |
| 2002       | 宁德 Ningde    | 181171                                                 | 2684             | 64205          | 25358            | 35438         | 100                     | 181171             | 2684                                                           | 64205          | 25358            | 35438         |
|            | 福州 Fuzhou    | 161478                                                 | 1717             | 70347          | 32808            | 23988         | 100                     | 161478             | 1717                                                           | 70347          | 32808            | 23988         |
|            | 莆田 Putian    | 56837                                                  | 1267             | 22030          | 7414             | 14874         | 89.9                    | 63228              | 932                                                            | 18949          | 6665             | 13371         |
|            | 泉州 Quanzhou  | 53683                                                  | 1061             | 15494          | 3697             | 17165         | 100                     | 53683              | 1061                                                           | 15494          | 3697             | 17165         |
|            | 厦门 Xiamen    | 1371                                                   | 931              | 5600           | 2558             | 5613          | 7.3                     | 18719              | 26                                                             | 410            | 110              | 411           |
|            | 漳州 Zhongzhou | 57849                                                  | 1727             | 28072          | 10839            | 11544         | 88.3                    | 65420              | 759                                                            | 22414          | 9585             | 10208         |
|            | 合计 Total     | 512389                                                 | 9387             | 205748         | 82674            | 108622        | 80.9                    | 543699             | 7179                                                           | 191819         | 78223            | 100581        |

从表3投入方向的DEA法计算结果还可看出,若全省张网作业要得到当年的产量,2000年仅需投入渔船7504艘、总功率212028kW、总吨位84402t和网具数量91663张,分别为实际拥有量的62.5%、78.5%、80.4%和74.9%;2002年仅需投入渔船7179艘、总功率191819kW、总吨位78223t和网具数量100581张,分别为实际拥有量的76.5%、88.4%、94.6%和92.6%。这说明目前全

省沿海张网作业渔船数和网具数量的投入过多,渔船功率和吨位的投入偏大。

2.3 DEA法与CPUE法计算的比较

在给定渔船单位的挂网数量、作业天数和给定渔船单位的功率、作业天数各2项投入为约束条件的情况下,DEA法与CPUE法计量36艘张网作业渔船单位的捕捞能力,结果见图1和图2。

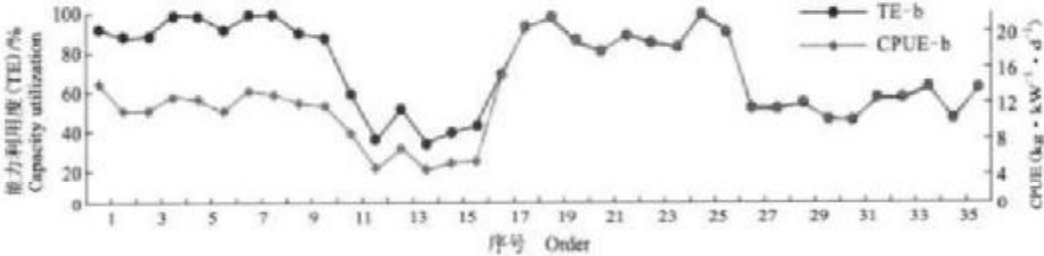


图2 36艘张网作业渔船的“能力利用度”与单位努力量渔获量的比较  
注:以功率和作业天数计量能力利用度(TE-b)和单位努力量渔获量(CPUE-b)。  
Fig.2 Comparison between capacity utilization and CPUE of 36 swing net vessel's  
Note: Capacity utilization(TE-b) and CPUE(CPUE-b) are calculated by power and fishing days.

由图1和图2可以看出,张网作业的捕捞能力,对捕捞单位投入的挂网数量、功率和作业天数的依赖度都相当大。当选取捕捞单位的挂网数量、作业天数或捕捞单位的功率、作业天数各2项投入为约束条件时,CPUE-a、CPUE-b与DEA法计量的TE-a、TE-b曲线,均有强度的规律相似(CPUE-a与TE-a拟合相似度 $R_{0.01}=0.9937$ ,CPUE-b与TE-b拟合相似度 $R_{0.01}=0.7062$ )。从CPUE-a与TE-a和CPUE-b与TE-b两组对应曲线的贴近程度上看,有翼张网(编号1~16)采用单位投入的网具数量和作业天数计量较为合理些,无翼张网(编号17~36)采用单位投入的功率和作业天数计量会好一些。但以2项投入指标计量的“能力利用度”,TE-a的平均为54.2%,TE-b的平均为72.7%,都明显低于上述9项投入指标计量的TE平均77.4%。而TE曲线(图1)则综合地反映了TE-a和TE-b两曲线的情

况。显然选用2个投入指标,DEA法与CPUE法计量都不足以充分反映具有多种投入性质的张网作业的捕捞能力。

为进一步了解不同投入因子个数计量情形下,单位努力量渔获量与“能力利用度”两者之间的吻合相似程度,同时考察不同投入因子个数计量与实际捕捞“能力利用度”的贴近程度,假定图1中以9项投入指标计量的TE为各捕捞单位的实际“能力利用度”曲线,选用捕捞单位的功率、作业天数、挂网数量、吨位、船员数、最小网目、网口周长、网衣长度和最大网目共9项主要投入指标,采用回归计算方法,依上述顺序,以逐一递增投入因子数量的计算方式,分别计量CPUE<sub>n</sub>与TE<sub>n</sub>以及TE<sub>n</sub>与TE的相关系数,所得结果如图3所示(图3中CPUE和TE之后加标n的,分别表示计算投入因子个数1~9,TE与上述相同)。

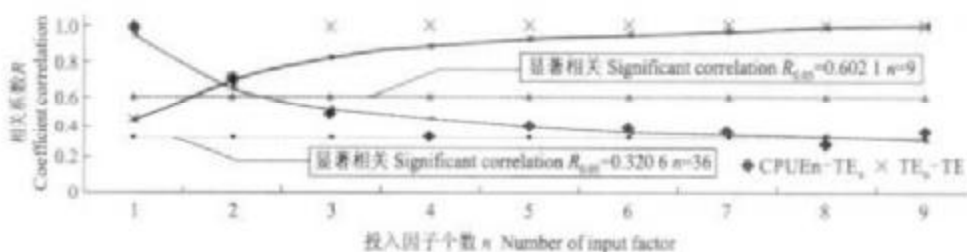


图3 CPUE<sub>n</sub>与TE<sub>n</sub>和TE<sub>n</sub>与TE的拟合相似度的变化

Fig.3 Variety of analogue similarity degree between CPUE<sub>n</sub> and TE<sub>n</sub>, TE<sub>n</sub> and TE

由图3可见,在统计单位和投入因子数量相同的前提下,随考虑计量的投入因子个数的增加,CPUE<sub>n</sub>值与TE<sub>n</sub>值的相关性就越小,呈幂函数下降走势。相反,TE<sub>n</sub>-TE曲线的变化则呈指数函数增长的趋势。这一结果说明,度量张网作业捕捞能力所考虑的投入因子个数越多,CPUE<sub>n</sub>值与TE<sub>n</sub>值的相关性越低,单位努力量渔获量换算为“能力利用度”数据时的偏离误差会越大,反之,以DEA法计算TE<sub>n</sub>表现值则越贴近于实际“能力利用度”。

图3还清楚地显示,当考虑投入因子为1项时,计算CPUE<sub>1</sub>与TE<sub>1</sub>的相似度很高( $R=0.991$ ,  $n=36$ ),但TE<sub>1</sub>与TE的相似度很低( $R=0.4626$ ,  $n=9$ );当考虑投入因子为2项时,计算CPUE<sub>2</sub>与TE<sub>2</sub>的相似度迅速下降( $R=0.7602$ ,  $n=36$ ),但TE<sub>2</sub>与TE的相似度迅速上升( $R=0.7602$ ,  $n=9$ ),达到

$R_{0.05}$ 下的显著水平;当考虑投入因子等于或大于3项时,计算CPUE<sub>3</sub>~CPUE<sub>9</sub>与TE<sub>3</sub>~TE<sub>9</sub>的相似度持续下降,而TE<sub>3</sub>~TE<sub>9</sub>与TE的相似度持续上升。此时,CPUE的计算结果不理想,当将CPUE换算为TE时的数据失真较为严重。表现出CPUE方法在考虑投入因子数量的计算上存在极大的局限性,DEA法则可包容各种投入因子进行计量,其结果更贴近实际。

### 3 讨论

对于被动性的张网作业来说,捕捞能力与其生产渔场的位置、捕捞对象的洄游规律及其资源状况直接相关。张网作业广泛分布于福建省乃至中国近海和沿岸水域,作业时是将网具定置敷设在鱼类洄游的通道上,利用水流迫使捕捞对象进入囊网,从而达到捕捞目的,具有明显的“守株待兔”的作业特点。

由于不同水域各有不同的捕捞对象及资源分布特性,其生产投入要素及其配置也各不相同。因而,这些生产条件要素的不同,必然对张网作业捕捞能力产生影响。从作业方式上看,据2000年福建省海洋捕捞渔船普查,厦门市张网作业单位功率小于14 kW的渔船数占96.6%,以沿岸生产的无翼张网居多,而且其生产活动范围受金门管辖区和港口航道的限制,使得厦门市张网作业的“能力利用度”为福建省最低(表3)。福州市和泉州市张网作业单位功率大于14 kW的渔船数分别占51.7%和35.1%,以近海生产的有翼张网占多数,这两个地市的张网作业的“能力利用度”保持福建省最高。此外,历年福建省沿海有翼张网作业渔船数仅占福建省张网作业总船数的30%~40%,其产量则占福建省张网作业总产量的65%~80%。本研究结果同样表明,近海有翼张网的平均“能力利用度”,总体高于沿岸无翼张网的平均“能力利用度”。福建省沿海张网作业的实际产量、能力产量和能力利用度,具有由近海深水水域向近岸浅水水域递减的规律(表1)。很显然,影响张网作业捕捞能力的因素是多方面和复杂的,但生产水域、捕捞对象及其资源分布的不同,无疑是导致不同地市间、不同捕捞单位间和不同生产水域间张网作业捕捞能力差异的重要原因。

度量张网作业的捕捞能力,应选取多项投入因子指标进行计量,采用DEA法,可以有效获取比较全面的、能综合反映具有多重投入性质的张网作业的捕捞能力。从本研究结果看,尽管有翼张网的捕捞能力对其单位投入的网具数量和作业天数的依赖度较高,无翼张网对其单位投入的功率和作业天数的依赖度较强,但采用2项投入指标计量都不足以充分反映张网作业的实际捕捞能力。CPUE法与DEA法相比,两者最主要的区别在于,CPUE法计量不能确切有效地反映3个或3个以上投入因子的捕捞能力信息,只适用于1个或2个投入因子的计量。DEA法最大的优点就在于,它擅长于多种投入要素条件下的生产决策,与此同时给出各种投入组合所能获得的最大产量和生产要素的最优使用量,提供各种约束条件的最优选择途径,能综合反映多种投入要素下张网作业的捕捞能力信息,其计量结果更符合渔业实际,可信度较高,并具有实践性和可操作性强的显著特点。因此,DEA法是当前可以用来考察、比较不同作业方式和不同地区间张网作业捕捞能力差异的一种较为合适的方法。

用DEA法对各种投入因子影响“捕捞能力”的程度进行灵敏度分析结果表明,张网捕捞单位投入的功率、吨位、网具使用量、渔船数和作业天数,对张网捕捞能力的发挥有比较重要的影响。本研究表明,虽然各种投入因子对张网不同作业方式的捕捞能力的影响程度并不完全相同,但捕捞单位投入的吨位和功率,显然是影响该作业捕捞能力的重要因素。因为捕捞单位投入的吨位和功率会直接影响渔船的机动性和生产活动范围,如果渔船配置的吨位和功率太小,就不可能充分发挥其应有的捕捞能力。但在同一水域生产,并在捕捞单位投入的渔船吨位和功率相同的条件下,张网作业单位捕捞能力的提高,则需要通过张挂更多的网具、增加作业天数和渔船投入量来实现。这时,捕捞单位投入的功率和吨位对其捕捞能力的影响程度相对就会变小。此外,由于张网作业是人们根据特定生产水域、捕捞对象和长期生产实践探索而发展起来的,一般在同一水域生产使用的网具规格和主尺度大同小异,因此,网具因素对同一水域不同捕捞单位间捕捞能力的影响比较有限。但这并不意味着可以排除网具因素对其捕捞能力的影响。本研究发现,跨生产水域比较捕捞单位使用的网具规格和投入船员数对张网作业的“捕捞能力”有一定的影响。换言之,相对于比较不同生产水域张网作业的捕捞能力而言,考虑捕捞单位投入的网具因素是十分必要的。

#### 参考文献:

- [1] 周应祺,郑奕. 捕捞能力及其计量[J]. 上海水产大学学报, 2002, 11(1): 84-88.
- [2] FAO. Report of the technical working group on the management of fishing capacity[R]. Rome: FAO Fish Rep, 1998(586): 2-5.
- [3] 周应祺,陈新军,张相国. 有关捕捞能力量化统计方法的探讨[J]. 上海水产大学学报, 2000, 9(2): 119-124.
- [4] 郑奕,周应祺. DEA理论及其在我国海洋渔业中的应用[J]. 上海水产大学学报, 2002, 11(1): 27-42.
- [5] 郑奕,周应祺. 峰值法和数据包络分析法在中国远洋鱿渔渔业方面的应用与比较分析[J]. 水产学报, 2002, 26(4): 337-343.
- [6] Coelli T J. Recent developments in frontier modeling and efficiency measurement[J]. Australian Journal of Agricultural Economics, 1995, 39(3): 219-245.
- [7] Nelson R. On the measurement of capacity utilization[J]. J Indust Econ, 1989, 37(3): 12.
- [8] FAO. Report of the technical working group on the management of fishing capacity[R]. Rome: FAO Fish Rep, 2000(615): 32-51.

## Calculated analysis on fishing capacity of swing net in Fujian coastal sea

FANG Shui-mei

(Fujian Fisheries Research Institute, Xiamen 361012, China)

**Abstract:** According to the productive investigation of swing net in Fujian coastal sea and the fisheries statistics of the whole province in 2002, by using DEA method, the fishing capacity of swing net of coastal sea in six cities and four counties in Fujian Province and the effective factors were analyzed and the results were compared with those analyzed by CPUE method. The results showed that the capacity utilization of swing net in Fujian coastal sea varied from 5.2% to 100% and 7.3% to 100% in 2000 and 2002, respectively. The average values were 67.2% and 80.9%. The capacity utilizations in different cities were significantly different ( $P < 0.01$ ); the utilization of input factors to be accorded was not sufficient to exert the output levels that should be achieved. The input of vessel numbers and net numbers was overfull, and the power and tonnage of fishing vessels was overlarge. The capacity utilization of 36 fishing units varied from 46.4% to 100%, averaged 77.4%. The capacity utilizations of swing nets in different fishing waters of four counties were significantly different ( $P < 0.01$ ), and those between fishing units were more significantly different ( $P < 0.05$ ). The average capacity utilization of swing net in near sea was higher than that in coastal waters. The power, tonnage, net and vessel numbers and fishing days had important influence to the fishing capacity of swing net. The CPUE method was merely applied to single or double input factors, which was not sufficient to reflect the fact of fishing capacity. The DEA method was applicable to many input factors, which could provide optimal elective way with various restrictive conditions, and may obtain more comprehensive and integrated multiple input's fishing capacity of swing nets.

**Key words:** DEA method; CPUE method; fishing waters; fishing style; fishing capacity