

拖网渔船经济性估算*

汪剑萍

(中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所)

王根发

(上海市海洋渔业公司)

摘要 本文根据拖网渔船的捕捞作业特点,建立起能适合估算拖网渔船经济性的一系列公式,并编制了计算机程序。

以我国某更新拖网渔船为实例,分别估算了马面鲷鱼汛期和经济鱼汛期的经济性,以及综合了两个鱼汛期后的全年经济性。

主题词 拖网渔船、经济性估计

对于拖网渔船经济性的计算,过去缺乏统一的衡准技术经济指标(总捕捞量、年利润、吨鱼成本,资金回收率……等),计算的方法也不一。设计者往往选择对自己设计方案有利的经济指标,作为衡准技术经济的指标,这样做的弊病是不言而喻的。

我国的拖网渔业基本上可分为两大渔汛期——马面鲷鱼汛期和其他经济鱼汛期。前者鱼群高度密集,网次渔获量大,使用者往往嫌鱼仓容积不够;后者的鱼群较分散,网次渔获量小,鱼仓装不满(满仓的概率在5%以下)。因此如何来评价拖网渔船的经济性就成了不易统一的课题。

针对上述问题,本文编制了计算机程序,可分别求得各渔汛期的总捕捞量、总收入,净利润、吨鱼成本、资金回收率……等技术经济指标。重点选择吨鱼成本(在鱼价不稳定情况下)和资金回收率(在鱼价较稳定情况下)作为经济衡准的指标^[1,2],来分别评价各渔汛期的经济性以及全年的经济性。

各变项的含义

根据渔船的捕捞作业特点,本程序只需依次输入序号 No. 1~47 个变项值,则计算机就会将我们所需的经济指标,即变项值 No. 48~87 输出。对渔船使用时间的概念定义如图 1;每个变项的含义,依次注解如表 1。

1. 数学关系式

根据计算的顺序,将公式排列如表 2(序号和符号同表 1 相对应),

* 本文原程序由冯素梅同志将其编入 PC-1500 机,在此表示谢意。

表 1 渔船利润计算
Table 1 Calculation of vessel profit

| 输入数据 | | | | 输出数据 | | | | | |
|-----------------------------|---|-----------------|-------------|------------|------------|--|----------------|-------------|------------|
| 序号 No. | 变 Variable | 符号 Symbol | 单 位 Unit | 值 Value | 序 号 No. | 变 Variable | 符 号 Symbol | 单 位 Unit | 值 Value |
| 作业情况输入 Operation date input | | | | | | | | | |
| 1 | 基准汛总投产天数 Gross operating time(days) | t | 天 | 90 | 48 | 资金回收率 Capital recovery factor (% of int.) | CRF | | -0.015 |
| 2 | 基准汛实际投产天数 Net operating time (days) | n | 天 | 75 | 49 | 主机总油耗 Total fuel cons. for main eng. (tong) | Q _c | 吨 | 196.5 |
| 3 | 在港避风天数 In harbour-bad weather (% of net) | P ₁ | % | 7.8 | 50 | 主机全负荷时/天 Full power engine hours per day at sea | E _s | 时/天 | 17.4 |
| 4 | 离渔场距离 Distance to ground (miles) | g | 海里 | 450 | 51 | 副机总油耗 Total fuel cons. for aux. eng. (tong) | Q _a | 吨 | 21.4 |
| 5 | 船速 vessel speed (knots) | v | 节 | 12 | 52 | 航次数 No. of fishing trips | J | 次 | 4.7 |
| 6 | 主机功率 Main Engine power (kw) | kw _e | 千瓦 | 588 | 53 | 允许最大作业天数/航次 Max. fishing time per trip | t _h | 天/航次 | 18.2 |
| 7 | 主机油耗 Fuel cons. for main eng. (g/kw·hour) | e | 克/千瓦·时 | 210 | 54 | 自由航行天数/航次 Total time steaming (days/trip) | T _o | 天/航次 | 8.1 |
| 8 | 航次同停港 Harbour stay betw. trips (days) | h | 天 | 3.5 | 55 | 出海天数/航次 Net time at sea per trip(days) | T _s | 天/航次 | 11.4 |
| 9 | 自由航行主机功率/kw _o Fraction of engine pwr. used steaming | P _o | | 0.96 | 56 | 出海天+停港天/航次 Trip cycle | T | 天/航次 | 14.9 |
| 10 | 作业天数/航次 Fishing time per trip (days) | t _f | 天/航次 | 15 | 57 | 油耗/天(主机) Fuel cons. per day for main eng. | Q _s | 公斤/天 | 2581.8 |
| | | | | 20 | | | | | 2170.1 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|--|-----------------|--------|-------|-------|----|---|---------------|---------|--------|---------|
| 11 | 最大续航力 max trip cycles (days) | T_1 | 天 | 25 | 25 | 58 | 油耗/天(副机) Fuel cons. per day for aux eng. | Q_{s1} | 公斤/天 | 57.9 | 115.9 |
| 12 | 最大载鱼量 max. fish capacity(tons) | [FC] | 吨 | 94 | 94 | 59 | 业主总支出/天 Sum owner op. exp. per day operating | U_{20} | 元/天 | 1866.1 | 1095 |
| 13 | 海上顶浪天/作业天 Dodging on the around (% of f. time) | V_f | % | 0.6 | 0.6 | 60 | 总出海天数 Total net trms at sea(days) | T_{s1} | 天 | 52.9 | 184.7 |
| 14 | 顶浪主机功率/kw Frac. of engine pwr. used dodging | P_v | | 0.5 | 0.5 | 61 | 总油费 Total Fuel price (yuan) | T_d | 元 | 59067 | 179802 |
| 15 | 副机功率 Aux. engine power (kw) | kw ₁ | 千瓦 | 80 | 80 | 62 | 总作业天数 No. of fishing days during operation. (days) | F | 天 | 98.1 | 165.9 |
| 16 | 副机油耗 Fuel cons. for aux.eng. (g/kw/hour) | c_1 | 克/千瓦·时 | 238 | 238 | 63 | 油耗/天 Fuel costs (yuan per day operation) | d_d | 元/天 | 656.8 | 652.0 |
| 17 | 副机全负荷使用小时/天 Full power aux. eng. hours per day at sea | E_{e1} | 时/天 | 3 | 6 | 64 | 拖网阶段主机功率/kw Frac. of main eng. power for trawling | P_f | | 0.828 | 0.702 |
| 18 | 主机滑油油耗 Lub. oil for main eng. (g/kw/hour) | c_2 | 克/千瓦·时 | 2 | 2 | | 结果(利润) | Profit result | | | |
| 19 | 副机滑油油耗 Lub. oil for Aux. eng.(g/kw/hour) | c_3 | 克/千瓦·时 | 3.4 | 3.4 | 65 | 总收入 Gross revenue(yuan) | B | 元 | 209829 | 1691146 |
| 20 | 拖网时使用主机功率/kw Frac. of eng. pwr. used towing | P_{f1} | | 1.0 | 1.0 | 66 | 平均总收入/人·某鱼汛 Total men income (yuan) | M_s | 元/人·某鱼汛 | 260.7 | 796.6 |
| 21 | 起网时使用主机功率/kw Frac. of eng. pwr. used hauling | P_{f2} | | 0.438 | 0.438 | 67 | 业主净利润(税前) Owner's net profit before tax (yuan) | R_n | 元 | -48461 | 1300112 |
| 22 | 转移鱼场时使用主机功率/kw Frac. of eng.pwr. for dist. to next ground | P_{f3} | | 1.0 | 1.0 | 68 | 平均总收入/人·天 Income for crew (yuan/day/man) | M_t | 元/人·天 | 2.9 | 2.9 |
| 23 | 时/拖网(双拖×2) Hours/net towing | P_{f4} | 时/网 | 8 | 8 | 69 | 除工资外收入/人·天 Fisherman's share (yuan/day/man) | M_1 | 元/人·天 | 0 | 0 |
| 24 | 时/起网 Hours/net hauling | P_{f5} | 时/网 | 1 | 1 | 70 | 收入/作业天 Revenue per day fishing | F_f | 元/天 | 5605.6 | 10198.2 |

续 表

| 输入数据 Input data | | | | 输出数据 Output data | | | | |
|----------------------------------|--|--------------|-------------|------------------|---|--------------|-------------|------------|
| 序号 No | 变 Variable | 符号 Symbol | 单 位 Unit | 值 Value | 变 Variable | 符号 Symbol | 单 位 Unit | 值 Value |
| 作业情况输入 Operation date input | | | | | | | | |
| 26 | 转移鱼场时/作业天 Hours for dist. to next ground per fishing day | P_4 | 时/天 | 8 | 收入/天 Revenue for sharing per day oper. (days) | D_4 | 元/天 | 2881.4 |
| 费用输入 Cost date input | | | | | | | | |
| 26 | 平均鱼价 Average fish price (yuan/ kg) | P | 元/公斤 | 0.48 | 除网具外总支出 Owner's expenses except gear costs (yuan) | R_4 | 元 | 282291 |
| 27 | 投网数/作业天 netting frequency per fishing day | r_f | 网/天 | 2.0 | 业主总支出 Total owner expenses (yuan) | R_{ut} | 元 | 258291 |
| 28 | 网次产量 catch per haul (tons/haul) | f_r | 吨/网 | 5.785 | 公斤鱼/公斤油 Energy yield (kg fish/kg fuel) | F_4 | | 3.132 |
| 29 | 出海船员人数 No. of men. aboard | m | 人 | 26 | 总捕捞量 Total catch quantity (tons) | Q | 吨 | 487.144 |
| 结果(收支平衡情况)Result (at break even) | | | | | | | | |
| 30 | 供应品 Victuals (yuan per man per day) | k | 元/人·天 | 1.47 | 吨鱼成本 Req. fish price per ton (yuan/ ton) | RFP | 元/吨 | 590.859 |
| 31 | 主机油价 Main eng. Fuel price (yuan/ ton) | l | 元/吨 | 414.6 | 总收入 Gross revenue(yuan) | B | 元 | 258291 |
| 32 | 副机油价 Aux. eng. fuel price (yuan/ ton) | l_1 | 元/吨 | 465.8 | 平均总收入/人·某鱼汛 Total man income(yuan) | M_a | 元/人·某鱼汛 | 260.7 |
| 38 | 一般杂费/天 Misc. common exp. per day op- erating | u_f | 元/天 | 818 | 业主净利润(税前) Owner's net profit before tax (yuan) | R_n | 元 | 0 |
| 34 | 业主杂费/天 Misc. owner op. exp. per day operating | u_r | 元/天 | 960 | 平均总收入/人·天 Income for crew (yuan/day/man) | M_t | 元/人·天 | 2.9 |

| 85 | 主机清油价 Lub. oil price for main eng. (yuan/ton) | l_1 | 元/吨 | 1200 | 1200 | 81 | 除工资外收入/人·天 Fisherman's extra payment (yuan/day/man) | M_1 | 元/人·天 | 0 | 0 |
|-------------------------|---|-------|-------|---------|---------|---|---|----------|-------|---------|---------|
| 86 | 副机清油价 Lub. oil price for aux. eng. (yuan/ton) | l_2 | 元/吨 | 1200 | 1200 | 82 | 收入/作业天 Revenue per fishing day (yuan/day) | NF_1 | 元/天 | 6777.2 | 2869.5 |
| 结算输入 Account data input | | | | | | | | | | | |
| 87 | n/全年投产天 Seasons part of full year operation | l_3 | | 0.25 | 0.75 | 83 | 收入/天 Revenue for fishing per day oper. | D_1 | 元/天 | 2869.9 | 1785.6 |
| 88 | 税收(多收入) Sum product tax and sales tax (% of rev.) | a | % | 0 | 0 | 84 | 除网具外总支出 Owner's expenses except gear costs (yuan) | R_2 | 元 | 232291 | 478084 |
| 89 | 维修费、保险费 Owner's fixed costs per year (yuan) | U_2 | 元/年 | 140400 | 140400 | 85 | 业主总支出 Total owner's expenses (yuan) | R_{41} | 元 | 258291 | 491084 |
| 40 | 造价 Vessel investment (yuan) | I_1 | 元 | 1755000 | 1755000 | 86 | 公斤鱼/公斤油 Energy yield (kg) fish/kg (fuel) | E_2 | | 3.192 | 2.084 |
| 41 | 平均折旧 Aver. annual vessel depreciation (%) | d_1 | % | 5 | 5 | 87 | 总捕捞量 Total catch quantity (tons) | Q | 吨 | 487.144 | 358.450 |
| 42 | 利息(多 I ₁) Aver. interest on vessel invest. (%) | r | % | 0 | 0 | * : 一般杂费: 冰、鱼箱、鱼具材料消耗、卸货、港口、运输、船员劳保、电话电报 费等, (MISC. common exp: ice, fish box, fishing gear, onloading, port, transport, Tel., Tex. etc.) 业主杂费: 管理费或服务费 (MISC owner op. exp: management. or service etc.) | | | | | |
| 43 | 网具费 Gear investment | I_2 | 元 | 28000 | 18000 | | | | | | |
| 44 | 网具折旧、维修、利息(多 I ₂) Gear depr., mainten. & interest (% of inv.) | kg | % | 100 | 100 | | | | | | |
| 45 | 业主收入/总收入 Owner's part of Sharing revenue | P_2 | % | 100 | 100 | | | | | | |
| 46 | 船员平均每月工资 Average monthly wages per man | h_m | 元/月·人 | 86.9 | 86.9 | | | | | | |
| 47 | 预备船员 No. of extra shares (paid by owner) | e_m | 人 | 2 | 2 | | | | | | |

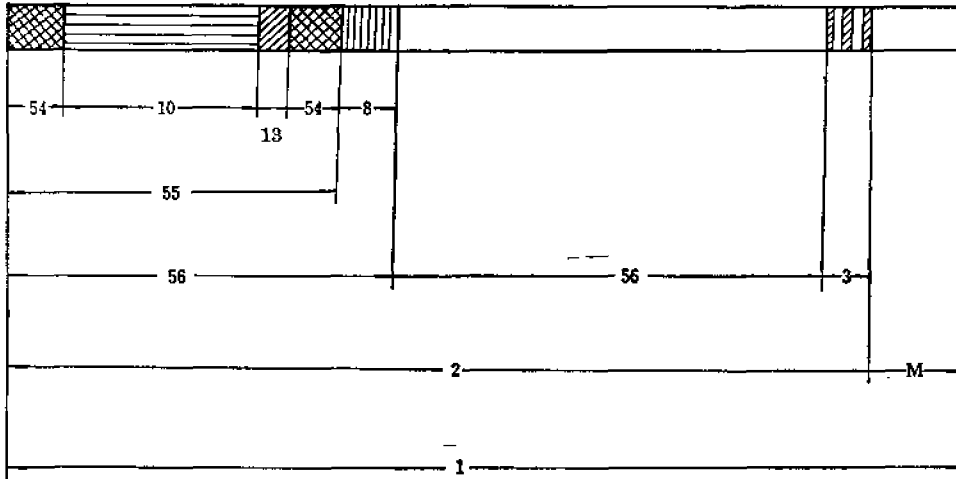


图1 渔船使用时间的定义。(图中的数字表示表1中相应序号所代表的变项)
 Fig 1. The definition of operating time (The figures represent the corresponding ordinal no. of variables in table 1.); M = maintenance

表2 数学关系式
 Table 2 Calculation models

| 序号 No. | 公 式 | 序号 No. | 公 式 |
|-----------|---|-----------|--|
| 54 | $T_g = \frac{2 \cdot g}{24V}$ | 62 | $F = j \cdot t_f$ |
| 53 | 设 $T_1 - T_g = A_1$ $\frac{[FC]}{r_f \cdot f_r} = A_2$ 若 $\begin{cases} A_1 \geq A_2 & t_{f1} \leftarrow A_2 \\ A_1 < A_2 & t_f \leftarrow A_1 \end{cases}$ | 64 | $P_f = \frac{P_{f1} \cdot r_f \cdot P_{f2} + P_{f1} \cdot r_f \cdot P_{f3} + P_{f1} P_{f3}}{24}$ |
| 10 | $\begin{cases} t_f > t_{f1} & t_f \leftarrow t_{f1} \\ t_f < t_{f1} & t_f \text{ 不变} \end{cases}$ | 50 | $E_s = \frac{T_g \cdot P_g + \frac{t_f \cdot V_f \cdot P_v}{100} + t_f \cdot P_f}{T_s} \cdot 24$ |
| 55 | $T_s = T_g + t_f \left(1 + \frac{V_f}{100} \right)$ | 57 | $Q_s = \frac{E_s \cdot K w_0 \cdot (c_1 + c_2)}{1000}$ |
| 56 | $T = T_s + h$ | 58 | $Q_{s1} = \frac{E_{s1} \cdot K w_1 \cdot (c_1 + c_2)}{1000}$ |
| 52 | $j = \frac{n \cdot \left(1 - \frac{V_f}{100} \right)}{T}$ | 49 | $Q_0 = \frac{Q_s \cdot T_s \cdot j}{1000}$ |

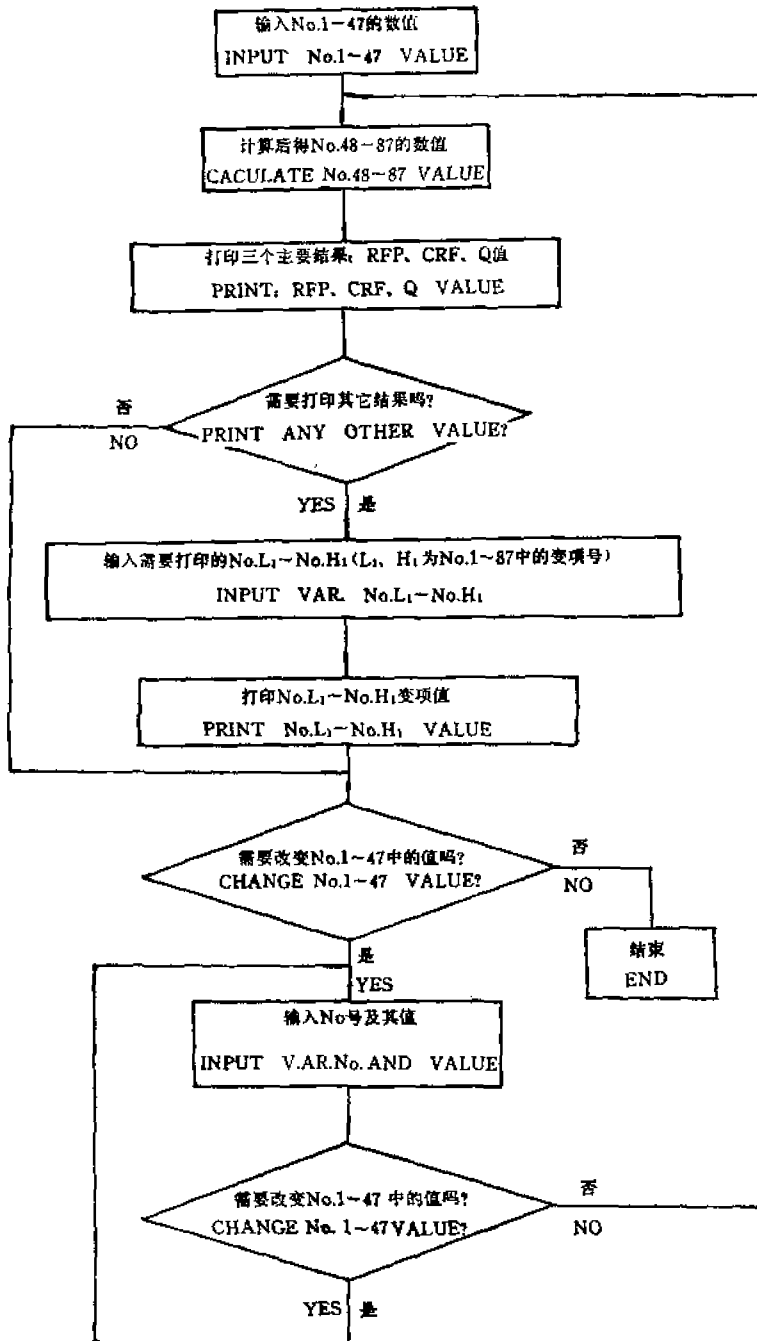
续 表

| 序 号 No. | 公 式 | 序 号 No. | 公 式 |
|------------|--|------------|---|
| 51 | $Q_{c1} = \frac{Q_{c1} \cdot T_3 \cdot j}{1000}$ | 74 86 | $F_z = \frac{Q}{Q_0 + Q_{c1}}$ |
| 70 | $F_f = f_r \cdot r_f \cdot P \cdot 1000$ | 63 | $d_d = \frac{Q_c \cdot \left(\frac{c1 + c2l_2}{c + c_2} \right) + Q_{c1} \cdot \left(\frac{c_1l_1 + c_3l_3}{c_1 + c_2} \right)}{i}$ |
| 75 87 | $Q = f_r \cdot r_f \cdot F$ | 59 | $U_{zv} = u_f + u_r + d_d + \frac{m \cdot k \cdot n}{i}$ |

下面的公式需重复使用：

| 序 号 No. | 公 式 | 序 号 No. | 公 式 |
|------------|--|------------|--|
| 65 77 | $B = F_f \cdot F$ $B = NF_f \cdot F$ | 77 79 | $B_n = \frac{D_d \cdot i \cdot P_z}{100} - R_{ut}$ |
| 71 83 | $D_d = F_f \cdot \left(1 - \frac{a}{100} \right) \cdot \frac{F}{i}$ $D_d = NF_f \cdot \left(1 - \frac{a}{100} \right) \cdot \frac{F}{i}$ | 82 | $NF_f = \frac{R_{ut} \cdot 100}{P_z} \cdot \left(1 - \frac{a}{100} \right) \cdot F$ |
| 69 81 | $M_1 = \frac{D_d \cdot i \cdot \left(1 - \frac{P_z}{100} \right)}{m}$ | 76 | $RFP = \frac{NF_f \cdot F}{Q_c}$ |
| 66 78 | $M_a = M_1 + \frac{hm \cdot t}{30}$ | 48 | $CRF = \frac{R_n + I_f \cdot t_n \cdot \frac{(d_f + r)}{100}}{I_f}$ |
| 68 80 | $M_f = \frac{M_a}{i}$ | 61 | $T_d = d_d \cdot t$ |
| 72 84 | $R_u = \left(\frac{I_f \cdot (d_f + r)}{100} + U_z \right) \cdot t_n$ $+ \left(\frac{hm(m + e_m)}{30} + U_{zv} \right) \cdot t$ $+ M_1(m + e_m)$ | 60 | $T_{s2} = T_3 \cdot j$ |
| 73 85 | $R_{ut} = R_u + I_p \cdot \frac{K_p}{100}$ | | |

2. 程序流程图 (Flow chart)



某一更新拖网渔船分析实例

根据当地的捕捞作业情况,大致可分为马面鲷渔汛期(1月—4月)和其他经济鱼渔汛期(5月—12月)。分别输入两渔汛期的各变项值(见表1。No. 1—47左、右边值分别为马面鲷渔汛期和其他经济鱼汛期的各变项值)。No. 48—87为输出结果。No. 65—77与No. 77—87为一一对应,所不同的是No. 77—87的值并非方案的真正结果,而是在假定收支平衡情况下,即净利润为零的情况下,所得出的各项相应值。故No. 77值等于No. 85值。

由渔船利润计算表可求得各渔汛期的各项经济衡指标值。本文着重推荐吨鱼成本(No. 76)及资金回收率(No. 48)作为经济准指标。全年的吨鱼成本(RFP)应为:

$$RFP = \frac{Q_1 \cdot RFP_1 + Q_2 \cdot RFP_2}{Q_1 + Q_2}$$

式中: Q_1 ——马面鲷渔汛期的总捕捞量 (吨)

Q_2 ——经济鱼汛期的总捕捞量 (吨)

RFP_1 ——马面鲷渔汛期的吨鱼成本 (元/吨)

RFP_2 ——其他经济鱼汛期的吨鱼成本 (元/吨)

本船的全年吨鱼成本为:

$$RFP = \frac{437.144 \times 591.5 + 858.450 \times 573}{437.144 + 858.450} = 579.24 \text{ 元/吨}$$

全年的资金回收率(CRF)应为:

$$CRF = CRF_1 + CRF_2$$

式中: CRF_1 ——马面鱼汛期间资金回收率

CRF_2 ——经济鱼汛期间资金回收率

本船的资金回收率为:

$$CRF = -0.015 + 0.721 = 0.706$$

由于马面鱼的售价为0.48元/公斤(No. 26),而其吨鱼成本为591.5元/吨(No. 76),故其资金回收率为负值(No. 48)。其他经济鱼的售价为1.97元/公斤,吨鱼成本为573元/吨,故其资金回收率为正值。综合全年的资金回收率为0.706。(鱼价中未考虑调价因素)。

各变项对结果的影响

在表1中,输入变项值(No. 1—48)共48个,输出结果(No. 49—87)为38个,输入变项中的任何一个值有变化,38个输出结果也会随之变化(但不一定全部起变化)。如果分别改变48个输入数据中的任何一个,则可分别地看出其对输出结果的影响。从影响的大小,可比较出哪个是敏感变项,哪个是不敏感变项。下面例举单位网次产量(No. 28)、油价(No. 31)及离鱼场距离(No. 4)作为例子,见图2及图3。

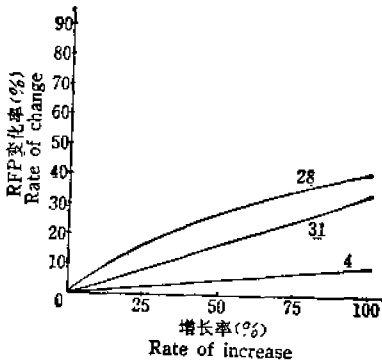


图2 网次产量、油价和渔场距离对吨鱼成本的影响

Fig 2 The effect of fr, l and g on RFP

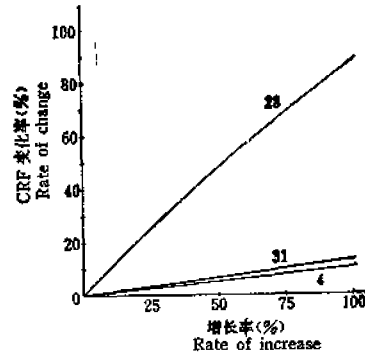


图3 网次产量、油价和渔场距离对资金回收率的影响

Fig 3 The effect of fr, l. and g on CRF

由图2及图3可见,随着单位网次产量(No. 28 变项)的增长,能引起吨鱼成本 RFP 和资金回收率 CRF 值的明显变化,尤其对 CRF 影响很大。当单位网次产量增长一倍时, CRF 的变化率达 87.7%。

同时可见,随着离鱼场距离(No. 4 变项)的增长, RFP 和 CRF 的变化率都很小。

随着主机燃油价(No. 31 变项)的增长, RFP 和 CRF 的变化率介于 No. 28 及 No. 4 变项之间。

由此可见,单位网次产量是个很敏感的变项,对经济性的影响很大,在经济性分析时,必须对它加以重视。而主机燃油价的敏感性不如单位网次产量。离鱼场距离是个很不敏感的变项,对经济性影响很小,因此在经济分析、比较时,可不必对它多加考虑。

结 语

本文提供了一系列估算拖网渔船经济性的公式,并编制了能适合微型台式 PC-1500 计算机的程序。为渔船设计者进行方案设计论证或渔业公司进行经济核算、分析,提供了方便的工具。

此外,通过敏感度分析,可得出哪些是对经济性影响大的变项,必须加以重视。并根据其影响的程度,决定重视的程度。同时也得出哪些是可以忽视的变项,因此为我们提高船的经济性提出了努力的方向。

参 考 文 献

- 1] Benford, Harry., 1970. "Measure of merit for ship design". *Marine Technology*.
- 2] ———, 1980. A second look at measures of merit for ship design. University of Michigan.

ECONOMIC ESTIMATION OF TRAWLER

Wang Jianpin

(Fisheries Machinery Institute, Chinese Academy of Fisheries Science)

Wang Gengfu

(Shanghai Marine Fisheries Company)

ABSTRACT A series of formulae and computer programmes mainly based on fishing characteristics of trawler are introduced in this paper and by which economic estimation of trawler can be suitably conducted.

Both individual and comprehensive annual economic estimations of a Chinese renewed trawler were made during its filefish fishing season, economic value fishing season and those two fishing seasons.

KEY WORDS Trawler, Economic objective function.