

散货船改装养殖工船的经济论证模型及系统设计

张光发¹, 安海听¹, 刘 鹰², 李明智¹

(1 大连海洋大学航海与船舶工程学院, 辽宁 大连 116024;

2 大连海洋大学水产设施养殖与装备技术工程研究中心, 辽宁 大连 116024)

摘要:深远海养殖工船作为一种新型的海洋作业平台以及养殖模式,受到海洋工程以及海洋养殖产业领域的广泛关注。针对中国对养殖工船的改造建造及其养殖运营尚缺少相关的技术经济论证系统,本文选取论证参数,利用线性回归方程建立改造散货船船型的主尺度模型,以养殖效果系数、投资回收期、净现值,建立经济模型,通过参数分析法对船型技术、经济多目标船型方案进行技术经济性计算。择优选取方案,选取鱼价、养殖存活率、年养殖成本为不确定因素进行敏感性分析。基于技术经济论证模型,利用VB编程技术,开发可用于养殖工船的技术经济论证系统。通过模拟计算得出船型的载重量应大于3万t,鱼价应大于61.4元/kg,存活养殖密度应大于36尾/m³。

关键词:养殖工船;论证模型;系统设计

中图分类号:TP311.56

文献标志码:A

文章编号:1007-9580(2018)02-001-05

随着社会发展,优质水产品需求日益增大,据估计,到2030年将有2 000万t的水产品缺口需要弥补^[1]。随着中国近海渔业资源日益枯竭,国家对捕捞的严格限制,同时受到陆源性污染,水域环境恶化,水质恶劣,内陆和沿海近岸的养殖空间受到挤压,水产品供应和安全问题日益突出。在深远海,有优质的水源,适宜的洋流性水温,极少陆源性污染与病害等^[2]。深远海养殖拓展了现代水产养殖的新空间,也是维护国家海洋权益、争取发展空间的重要战略手段^[3]。发展深远海养殖,是否具有可靠的养殖装备是养殖成败的关键。

早在20世纪80—90年代,欧美发达国家提出了发展大型养殖工船的理念^[4]。养殖工船集养殖、加工、储藏、育苗、看护周围网箱于一体,可实现由“捕”向“养”的转变^[5]。欧美等国家进行了诸多实践,并取得了良好的效益^[6-8]。法国与挪威合作建成了一艘长270 m的养殖工船,总排水量10万t,有7 000 m³养鱼水体,年产鲑鱼3 000 t。因为养殖鱼产品需求有限,养殖的综合条件与发展中国家相比不具有竞争优势,所以未形成主体产业。中国养殖工船研究是以旧船为母

型船进行改装设计起步的,并对改造方案进行了探索研究^[9-11]。蔡计强等^[12]对10万吨级深远海养殖平台进行了总体技术研究,形成了规模化养殖、繁育、加工及渔船补给和物流等功能的技术方案。

对于散货船改装养殖工船,利用散货船舱容量大的特点,模仿工业化养鱼^[13],结合循环水养殖技术^[14-15],对散货船的货舱和甲板进行改造,变货舱为养殖舱,变甲板为具有加工、育苗等功能的车间,实现旧船利用,更加经济。对于船舶技术经济论证,以往是针对传统的运输船和渔船,对变水层拖网渔船进行船型论证,编写通用程序^[16]。作为一种新型船舶,目前对养殖工船经济论证的报道较少。为辅助养殖工船的改造设计,在深入调查的基础上,建立散货船改造养殖工船技术经济论证的数学模型,开发论证系统软件,得到适合于养殖工船方案的优选船型。

1 技术经济论证模型

1.1 技术经济论证参数

由于养殖工船是由散货船改装的,无法改变

收稿日期:2018-01-09

基金项目:国家贝类产业技术体系岗位科学家项目(CARS-48)

作者简介:张光发(1970—),男,副教授,博士,研究方向:船舶CAD/CAM、软件工程、渔业装备等。E-mail:zhangguangfa@dlou.edu.cn

船舶的主尺度,因此通过选择养殖工船的载重量以确定所选取散货船的主尺度并进行改造。养殖工船与运输船舶相比,船上养殖装备、养殖鱼价格和养殖鱼密度对其经济性影响较大。所以,选择载重量、鱼价和养殖密度作为参数。

1.2 技术指标

散货船的主尺度、船型系数、空船质量等技术参数是根据大量实船资料,通过统计分析得出^[17]。在数学模型建立过程中,首先根据世界上不同类型散货船制作相应的散点图,观察各参数之间呈现的关系,分别应用一元线性、多元线性和非线性回归程序进行拟合,最终得出以下数学模型。

(1)散货船主尺度模型。表1为散货船主尺度数学模型。

表1 散货船主尺度数学模型

Tab.1 Mathematical models for main scales of bulk carrier ship

散货船参数	统计模型
垂线间长 L_{BP} (m)	$L_{BP} = 0.480 D_w^{1/2} + 82.067$
型宽 B (m)	$B = 0.793 D_w^{1/3} + 1.754$
型深 D (m)	$D = 0.041 D_w^{1/2} + 7.481$
吃水 T (m)	$T = 0.729 D_w - 0.261$
养殖舱容 V (m ³)	$V = 1.069 D_w + 6\,433.6$

注: D_w 为散货船的养殖工况载重量

(2)浮力重力平衡。散货船经改装后增加了养殖、加工冷藏、育苗等设备和厂房,增加了空船质量,需要对浮力和重力进行校核;重力与浮力的平衡是利用方形系数 C_b 来调整的,在两者平衡的情况下,方形系数计算公式为:

$$C_b = \frac{\Delta}{k\gamma L_{BP}BT} \quad (1)$$

式中: C_b —方形系数; Δ —排水量, m³; γ —海水的密度,取为 1.025 t/m³; k —船体外板的膨胀系数,取为 1.003; L_{BP} —垂线间长, m; B —型宽, m; T —吃水深度, m。

1.3 经济计算模型

(1)净现值(N_{PV})。净现值是衡量养殖工船投资能否收回的经济指标,按式(2)计算。

$$N_{PV} = (A_{AI} - Y) \times P_A - P_V + L \times P_F \quad (2)$$

$$A_{AI} = O \times E_{\max} \quad (3)$$

式中: N_{PV} —净现值,万元; A_{AI} —养殖工船平均年

收益,万元; Y —养殖工船年总费用,万元; P_A —等额现值因数; P_V —养殖工船船价现值,万元; L —养殖工船残值,万元; P_F —现值因数; O —养殖鱼价格,万元/t; $E_{\max}$ —一年最大养殖水产品产量, t。

(2)养殖效果系数(M)。养殖工船单位养殖成本所能获得的利润,该指标能同时反映养殖年利润与年养殖成本,其值越大,方案越合理,但难以反映资金周转的速度。 M 值按式(4)计算。

$$M = \frac{R}{Y} \quad (4)$$

式中: M —养殖效果系数; R —养殖工船年利润,万元; Y —养殖工船年总费用,万元。

(3)投资回收期(P_{BP})。改造的养殖工船养殖所得收益,偿还其投资所需时间,按式(5)计算。

$$P_{BP} = \frac{\lg(-P \times i/A)}{\lg(1+i)} \quad (5)$$

式中: P_{BP} —投资回收期,年; P —初始投资(旧船价格和改装费),万元; A —年收益,万元; i —投资收益率。

1.4 其他模型

(1)养殖工船年非渔业养殖成本,指养殖工船在一年周期里用于维持正常养殖所支出费用的总和,包括折旧费。折旧费取初始投资的8%,维修费取初始投资的3%,保险费取初始投资的1%,船员工资为每人10万/年,其他费用占年非渔业养殖成本的4%。养殖工船使用年限为20年。

(2)初始投资(P),指养殖工船以散货船为母型船的船价与改装、养殖设备等费用总和。旧散货船按直线折旧法计算折旧剩余的账面价值^[18]。调研获知改装和养殖装备的总费用约为2326万元。

(3)养殖工船年产量估算(即年最大养殖水产品产量 $E_{\max}$),在养殖工况下,养殖水体体积占养殖舱容的80%,按式(6)计算:

$$E_{\max} = \rho \times V \times 80\% \times k \times G/1000 \quad (6)$$

式中: $E_{\max}$ —一年最大养殖水产品产量, t; ρ —养殖密度,尾/m³; V —养殖舱容, m³; k —存活率, %; G —每尾鱼的质量, kg/尾。

1.5 敏感性分析

论证中,将养殖鱼的存活率、鱼价、年养殖成本作为不确定性因素进行处理。先按在养殖工况

(养殖工船、鱼的品种)不变的情况作为固定值进行论证,然后对其进行敏感性分析,分别计算其对各经济指标的影响趋势及大小,并对影响比较大的因素进行详细的计算分析,求出临界值。

2 养殖工船技术经济论证系统设计

2.1 论证系统概况

养殖工船论证系统用 VB 语言程序开发^[19]。VB 语言简单易学,采用面向对象的程序设计技术,界面友好,使程序开发更加迅速、简捷。本文开发的论证系统采用比较通用的参数

分析法(即网格法)^[18]进行船型方案决策。先选择优化参数(即设计变量),通过调研,对这些设计变量的范围进行设定,并按照一定的步长组合成一系列设计方案,对每个方案进行技术和经济方面的计算,选取一定的经济评价指标,在比较的基础上评价选优。系统在技术上考虑船舶浮态、稳性,经济上考虑造价、年养殖成本、投资回收期、养殖效果系数、净现值作为经济评价指标,具体求解适合技术、经济要求的散货船船型方案以及养殖鱼的参数。

参数及指标计算的程序流程图如图 1 所示。

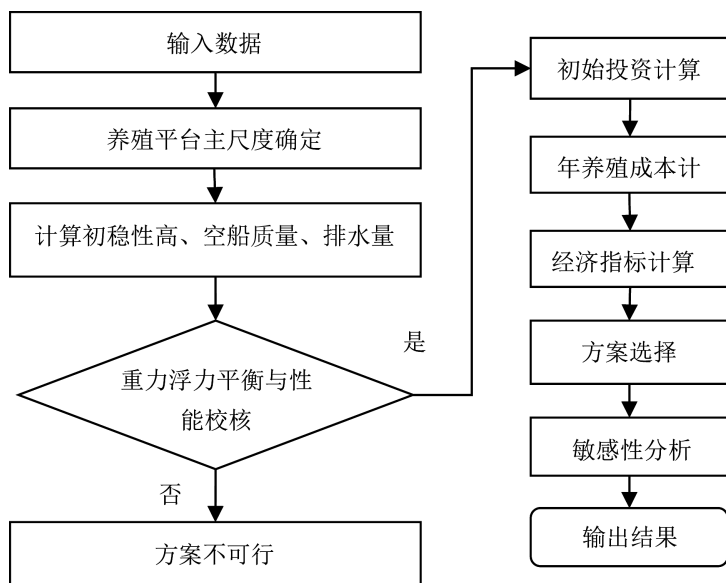


图 1 程序流程图

Fig. 1 Flow diagram of the program

2.2 程序模块

通过对论证模型的抽象,基于上述论证计算方法和内容,设计程序结构。根据程序功能要求,程序主要划分为 4 种模块。

(1) 参数输入模块。在此模块中,把论证所需的数据,如养殖工船的载重量、养殖密度、鱼价等技术经济参数范围,校核参数数据、改造成本费用、养殖装备费用和其他经济参数(如船员及其工资等)。

(2) 系统计算优化模块。该模块为系统核心部分,是利用输入的参数数据、约束条件以及上文所述的数学模型,对各吨级的养殖工船进行技术性能的计算和校核,剔除不合理方案。并计算各项经济参数,论证各方案的船舶经济性能,输出计

算结果,并有结果打印、保存功能。

(3) 敏感性分析模块,即参数敏感性分析模块。选择敏感性参数,输入波动值,选择论证方案进行敏感性分析计算。

(4) 数据输出模块,即处理数据输出。

3 模拟应用

利用散货船改装养殖工船系统,在水温适宜且温差较小的海域,有适合养殖的优质水质,如中国的南海美济礁,全年水温 25℃,盐度几乎不变,无污染,海水透明度高^[20],适合养殖名贵暖水鱼。以养殖珍珠龙胆石斑鱼为例,其养

殖周期 10 个月,养殖密度 81 尾/ m^3 ,养殖存活率 84.9%,平均体质量约 1 kg/尾,市场平均价 89 元/kg,渔业投入产出比 1:2^[21]。考虑市场

变化因素,鱼价取市场平均价的 85%。输入养殖工船的经济参数和载重量范围为 1~10 万 t。计算结果见表 2。

表 2 养殖工船设计方案技术经济论证结果

Tab 2 Technical and economic argumentation results of the design scheme for aquaculture engineering ships

技术经济参数	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 5	方案 6	方案 7	方案 8
工船载重量/万 t	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
垂线间长/m	125.21	138.07	149.40	159.64	169.06	177.83	186.07	193.86
型宽/m	26.39	28.87	30.97	32.80	34.44	35.92	37.29	38.56
型深/m	14.58	15.68	16.65	17.52	18.33	19.08	19.78	20.45
吃水/m	10.41	11.22	11.92	12.56	13.15	13.69	14.20	14.69
养殖舱容/ m^3	38 504.0	49 194.0	59 883.6	70 574.0	81 264.0	91 954.0	102 644.0	113 334.0
工船造价/万元	39 673.0	39 673.0	39 673.0	39 673.0	39 673.0	39 673.0	39 673.0	39 673.0
养殖效果系数	0.16	0.25	0.31	0.36	0.39	0.42	0.45	0.47
投资回收期/年	17.91	9.85	6.79	5.18	4.19	3.52	3.03	2.66
净现值/万元	232.01	2 044.56	3 857.11	5 669.66	7 482.21	9 294.77	11 107.32	12 919.87

由表 2 可知,输出的养殖工船载重量从 3 万 t 开始,也就是说,选择的散货船载重量要大于 3 万 t,否则成本可能无法回收,不符合要求。本文选择养殖工船载重量 6 万 t,其船型为常见的巴拿马型散货船,选取不确定因素如鱼价、存活率、成鱼平均质量,在其他养殖工况不变的情况下进行敏感性分析。输出结果见表 3~表 5。

表 3 鱼价的影响

Tab. 3 Effects of different fish prices

变化率/%	养殖效果系数	投资回收期/年	净现值/万元
-20	0.09	21.55	—
-10	0.22	8.36	2 763.60
0	0.36	5.18	5 669.66
+10	0.49	3.76	8 575.70
+20	0.63	2.95	11 481.80

表 4 存活率的影响

Tab. 4 Effects of different fish survival rates

变化率/%	养殖效果系数	投资回收期/年	净现值/万元
-50	0.13	23.75	—
-40	0.20	13.84	883.2
-30	0.25	9.76	2 079.8
-20	0.29	7.54	3 276.4
-10	0.33	6.44	4 473.0
0	0.36	5.18	5 669.7
+10	0.38	4.48	6 866.3
+20	0.40	3.95	8 062.9

表 5 年养殖成本的影响

Tab. 5 Effects of different annual aquaculture costs

变化率/%	养殖效果系数	投资回收期/年	净现值/万元
-40	0.48	4.23	7 394.8
-20	0.41	4.66	6 532.2
0	0.36	5.18	5 669.7
+20	0.30	5.84	4 807.1
+40	0.26	6.69	3 944.5
+60	0.21	7.83	3 082.0

对表 3~表 4 进行线性分析,当鱼价降低 19%,即鱼价 61.4 元/kg,养殖效果系数 0.1,投资回收周期为 19 年,净现值 148.2 万元,所以,鱼价应大于 61.4 元/kg,才对养殖有利。当鱼的存活率减少 47%(即存活率 39%)、密度 36 尾/ m^3 时,养殖效果系数 0.15,投资回收期为 20 年,净现值 45.6 万元。所以,只有当鱼的养殖密度大于 36 尾/ m^3 时,才对养殖工船有利。对表 5 线性分析可知,年养殖成本不是影响经济性的主要因素(本文不对其详细分析)。

4 结论

针对散货船改装养殖工船的特点,对其进行了技术经济分析和论证,开发了相关的论证系统软件,得到了适合于散货船改建养殖工船的优选船型,论证了有关船舶的主尺度及各项养殖参数。以某型散货船为计算实例,通过分析得到:经济性的养殖工船

载重量应大于3万t,其主尺度为垂线间长大于125.21 m,型深大于26.39 m,型宽大于14.58 m。利用敏感性分析模块对存活率、鱼价进行敏感性分析得到:存活率应大于39%(即存活养殖密度大于36尾/m³),鱼价应大于61.4元/kg。□

参考文献

- [1] 唐启升,丁晓明,刘世禄,等.我国水产养殖业绿色、可持续发展战略与任务[J].中国渔业经济,2014,32(1):4-9.
- [2] 潘迎捷.水产辞典[M].上海:上海辞书出版社,2007:15.
- [3] 徐皓,谌志新,蔡计强,等.我国深远海养殖工程装备发展研究[J].渔业现代化,2016,43(3):1-6.
- [4] 徐皓,江涛.我国离岸养殖工程发展策略[J].渔业现代化,2012,39(4):1-6.
- [5] 丁永良.海上工业化养鱼[J].现代渔业信息,2006,21(3):4-6.
- [6] 李娟,林德芳,黄滨.世界金枪鱼网箱养殖技术现状[J].海洋水产研究,2008,29(6):142-147.
- [7] SEATEAING. Therestockingship[EB/OL]. [2016-03-08]. <http://www.seasteading.Ore/2011/04/the.restokingsip>.
- [8] E24. Nordlaks vii plassere to millioner laks ute pi gigantiskehavfarme er[EB/OL]. [2016-03-10]. <http://e24.No/naeringsliv/fiskeri/nordlaks-vii-plassere-to-millioner-laks-ute-paa-gigantiske-havfarmer/23568465>.
- [9] 科学网.我国首艘养鱼工船雏形初现[EB/OL]. [2016-03-08]. <http://news.sciencenet.cn/htmlnewsY2014/11/308032>.
- [10] 李尧,谢晋斌,严谨,等.油船改造养殖渔船方案设计与研究[J].中国水运,2015,15(12):7-9.
- [11] 许洪露.养殖工船液舱晃荡的制荡措施研究[J].中国水运,2017,17(3):7-10.
- [12] 蔡计强,张宇雷,李建宇,等.10万吨级深远海养殖平台总体技术研究[J].船舶工程,2017,39(S1):198-203.
- [13] 王能贻.国内外工业化养鱼新技术[J].渔业现代化,2006(1):9-11,16.
- [14] 刘鹰.海水工业化循环水养殖技术研究进展[J].农业科技导报,2011,13(5):50-53.
- [15] 刘晃,张宇雷,吴凡,等.美国工厂化循环水养殖系统研究[J].农业开发研究,2009(3):10-13.
- [16] 张光发,张亚,赵学伟,等.变水层大型拖网渔船技术经济论证[J].大连海洋大学学报,2014,29(3):299-302.
- [17] 金平仲,荣焕宗.船舶主尺度的回归分析[J].船舶工程,2004(5):8-18.
- [18] 张光发,张维英.船舶技术经济论证方法[M].北京:农业科学技术出版社,2013:102-103.
- [19] 夏强.Excel VBA 应用开发与实例精讲[M].北京:科学出版社,2006:1-15.
- [20] 张阿友.教授屯海美济礁珍稀鱼类味道好[J].科学种养,2015(11):9-11.
- [21] 杨超,孙建明,徐哲,等.循环水高密度养殖珍珠龙胆石斑鱼效果研究[J].渔业现代化,2016,43(3):18-22.

Economic argumentation model and system design for refitting bulk carrier into aquaculture engineering ship

ZHANG Guangfa¹, AN Haiting¹, LIU Ying², LI Mingzhi¹

(1 Dalian Ocean University, Dalian 116024, Liaoning, China;

2 Dalian Ocean University, Fishery Facilities and Equipment Technology Engineering Research Center, Dalian 116024, Liaoning, China)

Abstract: As a new type of marine operation platform and aquaculture model, the deep ocean aquaculture engineering ship has received extensive attention in the field of marine engineering and marine aquaculture. At present, China still lacks relevant technical and economical verification systems for the refitting and construction of aquaculture engineering ships. In this paper, based on the argumentation parameters, the main scale model for reconstructing the bulk carrier ship type was established using the linear regression equation; the economic model was established with the farming effect coefficients, investment payback period, and net present value; the technical-economic performances of the ship type technology and economic multi-target ship type scheme were calculated by the parametric analysis method, thus to select the best scheme among them by comparison; sensitivity analysis was carried out on the uncertain factors such as the fish price, the survival rate and the annual aquaculture cost. Thus VB programming technology can be used to develop a technical and economical demonstration system for aquaculture engineering ships based on the technology and economics demonstration model. Through the simulation calculation, the carrying capacity of the ship type should be more than 30 000 t, the fish price should not be less than 61.4 yuan/kg, and the breeding density should not be less than 36 ind/m³.

Key words: aquaculture engineering ships; argumentation model; system design