

论渔船队规模对渔业资源的影响

陈龙贾复

(大连水产学院, 116023)

秦士元

(上海交通大学, 200030)

摘要 本文以大黄鱼为例,应用系统动力学的方法再现了大黄鱼资源的兴衰过程,并通过
对模型结果行为的讨论,定量地给出了合理的渔船队增长规模。本文的方法和结论可作为我国今
后合理开发与利用其他种类渔业资源时参考。

关键词 渔船队, 渔业资源, 系统动力学, 大黄鱼

众所周之,我国近海传统经济渔业资源经过多年的过度捕捞后已经濒临枯竭,尤其是大
黄鱼和小黄鱼已根本形不成渔汛,这与我国多年来没有充分重视渔业生态环境平衡,尤其是渔
船队捕捞能力对资源的影响有关。上述事实证明,渔船队的捕捞能力如果应用不当会对海洋
渔业生态环境产生重大影响。本文以大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)为例,应用系统动力学的方法
再现了大黄鱼资源的兴衰过程,并通过对模型结果行为的讨论,定量地给出了例题的渔船队
增长规模。本文的方法和结论可作为我国今后合理开发与利用其他种类渔业资源时参考。

1 系统动力学方法简介

1.1 概述

动态系统的数学描述常被称为动力学方程,系统动力学(System Dynamics 简称SD法)
[苏懋康 1988]是一种以反馈控制理论为基础,以数字计算机仿真为手段,研究复杂动态系统
规律的一种方法。其本质是含有时滞的一阶微分方程组。它与最优化方法的区别在于:最
优化方法解决的数学模型本身就包含了目标函数,即是“外显形式”的,运行结果就是最优方案,
如线性规划、非线性规划等,系统动力学模型本身并不包含目标函数,即“内隐形式”的,主要适
用于复杂的社会经济或生态系统问题,应用时需要建模者构造出各种方案进行仿真试验,然后
根据系统的行为或输出的结果选择最合理方案。通常把前者称为“优化”,后者称为“选优”。

1.2 系统动力学解决问题的步骤

1.2.1 划定系统边界

任何系统都是有限的,均存在系统边界,并且随研究的目的不同而变化。要根据建模目的
和实际问题内含的反馈机制来划定系统边界,并确定出内生变量和外生变量。

构造因果关系图 因果关系图就是以系统中的反馈环(因果关系环)为基础表达系统中各
变量之间的正负关系图。两变量A、B之间通常存在四种关系:(1)正关系(以 $A \rightarrow^+ B$ 表示);
(2)负关系(以 $A \rightarrow^- B$ 表示);(3)无关系(不表示);(4)复杂关系(以 $A \rightarrow^\pm B$ 表示),并标出正、

负反馈环, 反馈环即沿箭头方向所形成的闭合回路, 当负关系数量为偶数时为正反馈环, 反之为负反馈环。

构造流图 流图是在因果关系图基础上反应变量间关系以及一些变量性质的关系图。首先, 要找出反馈环中的流位与流率, 流位是系统的状态变量, 是流率的积累; 流率是单位时间里流入或流出流位的流量。

编写程序 根据流图编写仿真程序, 通常用专用仿真语言, 如 DYNAMO 语言。

变量说明 在流图中用到的变量需进行说明, 以为编写仿真程序及理解流图提供方便。

仿真求解 确定仿真时间步长、起始和终止时间。运行程序, 得出结果。

结果分析 根据系统结果和行为进行判断, 调整系统输入(必要时调整模型), 重新运行, 反复进行, 比较选优。

2 系统模型

2.1 系统分析

在海洋水域生态中, 渔业资源与其他海洋生物是通过复杂的食物链相互联系的, 通常按食物链层次和营养级可分为三大类, 即初级生产力、中间生产力和终极生产力, 我们所捕捞的对象即为终极生产力, 当然也包括大黄鱼。本文将渔业资源(这里以大黄鱼为研究对象)、渔船和饵料(即大黄鱼的饵料, 本文俗称为食物)三者作为一个系统, 通过研究它们之间捕获与被捕获之间关系, 从而找出各自数量的变化规律。

在模型中对三者进行了如下分析和处理, 大黄鱼的年补充量[叶昌臣等 1990], 1 龄鱼的成活率和亲鱼量之间的比例关系曲线确定, 为模拟实际情况, 对模型中的补充群体采用了随机数进行模拟, 为不影响模型规律, 随机数规模控制在补充群体的 10% 以内。初始生物量定为 1957 年对大黄鱼估算的生物量, 即 57.6 万吨[邓景耀等 1991]。自然死亡率分两部分计入, 第一部分为到达寿命而死亡, 按鱼均食物保证度估算寿命, 第二部分为因其他因素的死亡率, 含被捕食量, 但不含被船捕获量, 该部分死亡系数取为 $M=0.11$ 。大黄鱼渔场是大致按海区面积[张光华和张小慧 1992] 比例划分的, 并按该比例划分出捕捞大黄鱼的渔船队规模, 即捕捞努力量, 本文取为主机功率(kW), 然后由大黄鱼历年产量算得单位捕捞努力量的产量(吨/kW·年)。随着黄鱼密度的降低, 捕捞量占资源量的比例将会下降, 该比例极限值本文暂取 35%。假设大黄鱼的食物较为丰富, 以便突出船队捕捞力量的影响, 食物基本上每年均增加供初始年(57年)大黄鱼按营养转化效率而消耗的食物量, 营养转化效率取为 12.5%, 当然, 食物的死亡率也取得较高(取 0.9), 即年残存率为 10%, 主要考虑由其他鱼类消耗所致。

渔船队规模用主机功率(kW)表示, 大黄鱼及其食物均用重量单位(吨)来表示。

2.2 因果关系图

采用前面介绍的系统动力学方法, 可构成船(SHIP)、鱼(FISH)、食物(FOOD)所组成系统的因果关系图, 见图 1。

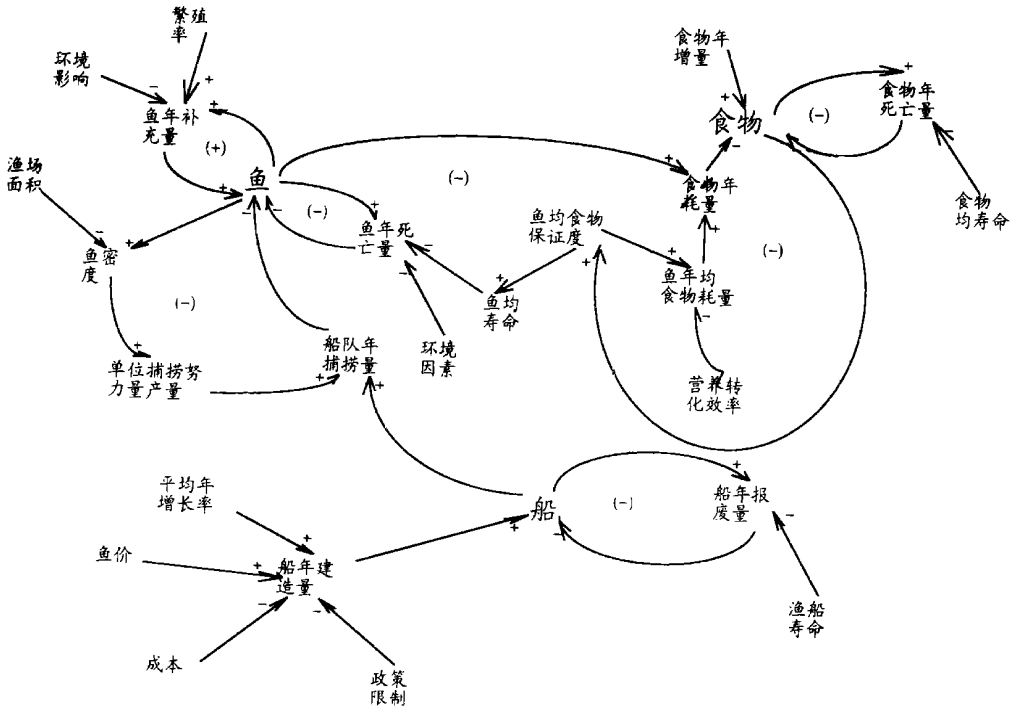


图1 因果关系图
 Fig.1 Causality diagram

2.3 流图

采用前面介绍的系统动力学方法, 根据因果关系图可构成流图, 见图2。

2.4 变量说明

流图中变量含义如下:

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| FISH ——大黄鱼生物量(吨) | FBRTHS ——大黄鱼年出生量(吨) |
| FDTHS ——大黄鱼年自然死亡量(吨) | FACT ——环境对死亡量影响系数 |
| FBRA ——大黄鱼出生率(吨稚鱼/吨亲鱼) | AREA ——大黄鱼渔场面积(平方公里) |
| FDEN ——大黄鱼密度(吨/平方公里) | FKILLV ——渔船年捕鱼量(吨/年) |
| FKPP ——单位捕捞努力力量产量(吨/kW) | EM ——环境因素造成黄鱼的死亡率 |
| AVGF ——大黄鱼平均寿命(年) | FAPF ——鱼均食物保证度(吨食物/吨鱼) |
| FCPF ——鱼年均耗食物量(吨食物/吨鱼) | FCAP ——营养转化效率 |
| FOOD ——食物蕴藏量(吨) | FGRTH ——食物年增加量(吨/年) |
| FOODD ——食物年死亡量(吨) | FCON ——食物年被黄鱼捕食量(吨/吨) |
| FAGV ——食物平均寿命(年) | SHIP ——渔船队规模(kW), 捕捞努力量 |
| VBRTHS ——船年建造量(kW/年) | VDTHS ——船年报废量(kW/年) |
| AGEV ——渔船寿命(年) | FPEICE ——鱼价对建造量的影响系数 |
| VCPK ——成本对建造量的影响系数 | SCIP ——年建造量增长率 |
| LIMIT ——政策限制对建造量的影响系数。 | |

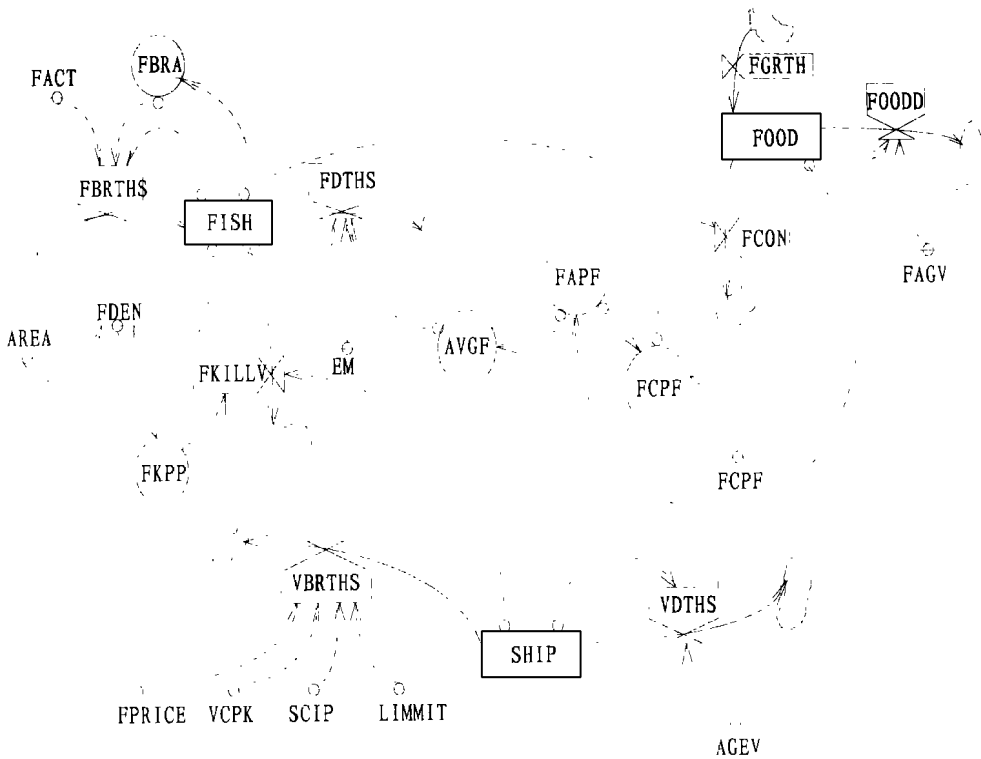


图2 流图

Fig. 2 Flow chart

3 结果与分析

本文根据所掌握的1957年至今大黄鱼生产、资源等资料,运用DYNAMO语言进行编程,对1957—2007(50年)大黄鱼资源的兴衰过程进行了模拟,这50年间渔船每年的平均增长率为14%,模拟结果见图3和图4。

由图3可见:(1)随着渔船(SHIP)数量的增长,黄鱼资源在维持一段缓慢下降区间后,便开始(1977年)迅速下降,直至逐渐枯竭;(2)黄鱼资源(FISH)曲线在开始出现了一个短期快速下降,这说明在该阶段渔船的捕捞能力与资源恢复能力相比已明显占优势;(3)随着船数的增加,产量(FKILLV)却在下降;(4)由食物(FOOD)曲线可见,在大黄鱼资源丰富时期,食物的利用比较充分,但随着大黄鱼资源的衰退,供大黄鱼捕食的食物量明显提高。图4反映了大黄鱼(FISH)及其平均寿命(AVGF)、补充量(FBRTHS)和密度(FDEN)的变化关系,随着大黄鱼资源的减少,鱼均食物保证度在增加,大黄鱼寿命趋于最大值,当然该寿命是指大黄鱼自然寿命。

对于该系统所能控制的因素主要是渔船的增长率,当初由于渔船基数本来就较大,而增长率又高达14%,从而导致了目前大黄鱼资源枯竭的结果,假如有关部门当初控制渔船的增长,例如,增长率控制为6%,其他因素不变,模拟结果见图5和图6。

由图5和图6可见,若渔船增长率控制在6%以内,则大黄鱼资源不但不会枯竭,而且会稳定在一个较高的水平上,在该水平上,大黄鱼资源的生物量约可维持在40万吨左右,该结论是发人深省的,同时对今后合理管理其他种类渔业资源是很有意义的。

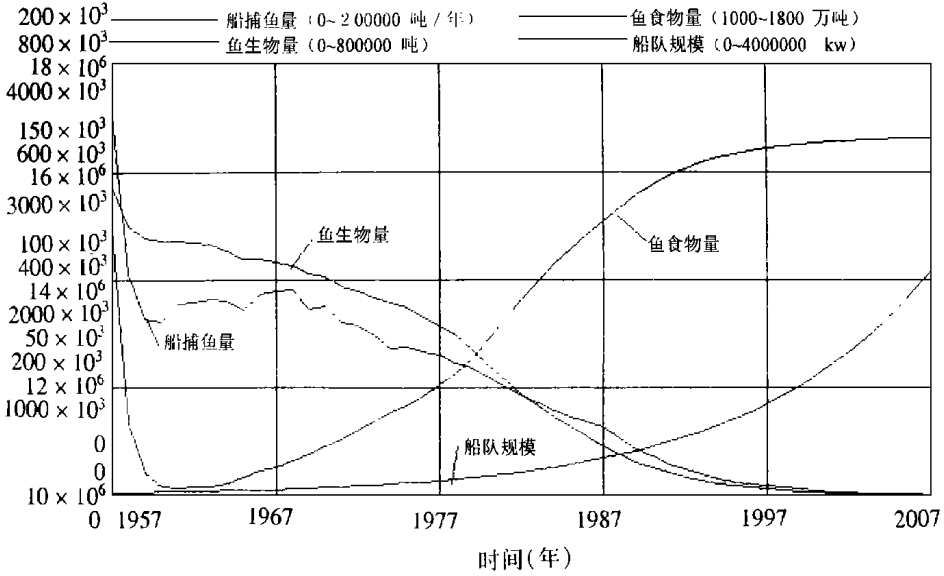


图3 捕鱼量与生物量关系(渔船增长率14%)

Fig. 3 Relationship between catch of fish and resources(14% increasing rate of vessels)

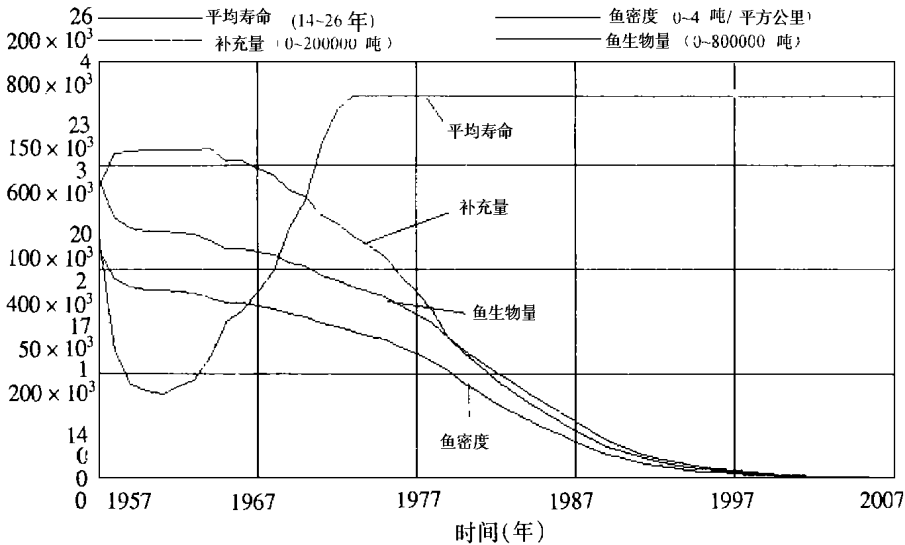


图4 生物量与补充量关系(渔船增长率14%)

Fig. 4 Relationship between supplements and resources of fish(14% increasing rate of vessels)

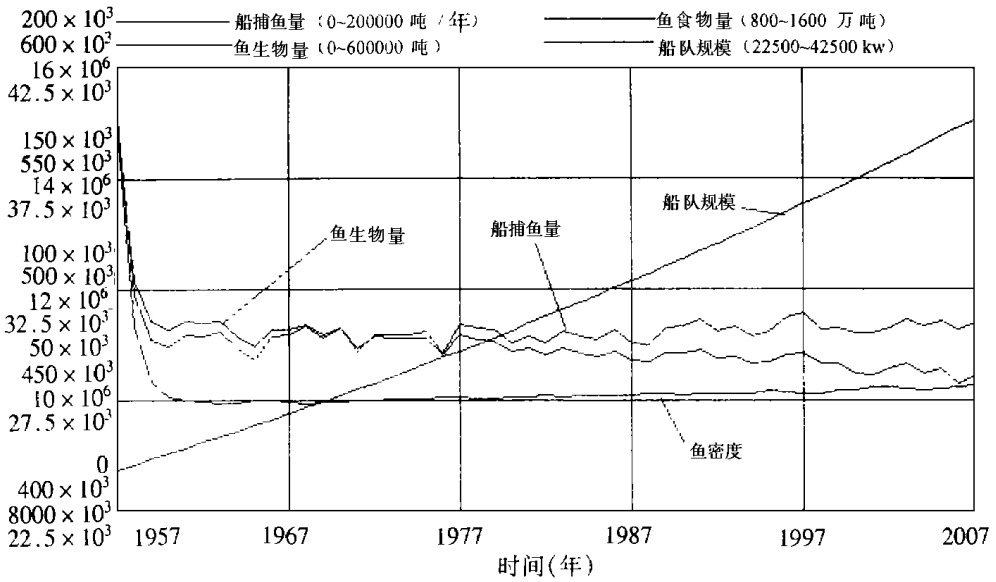


图5 捕鱼量与生物量关系(渔船增长率6%)

Fig. 5 Relationship between catch of fish and resources(6% increasing rate of vessels)

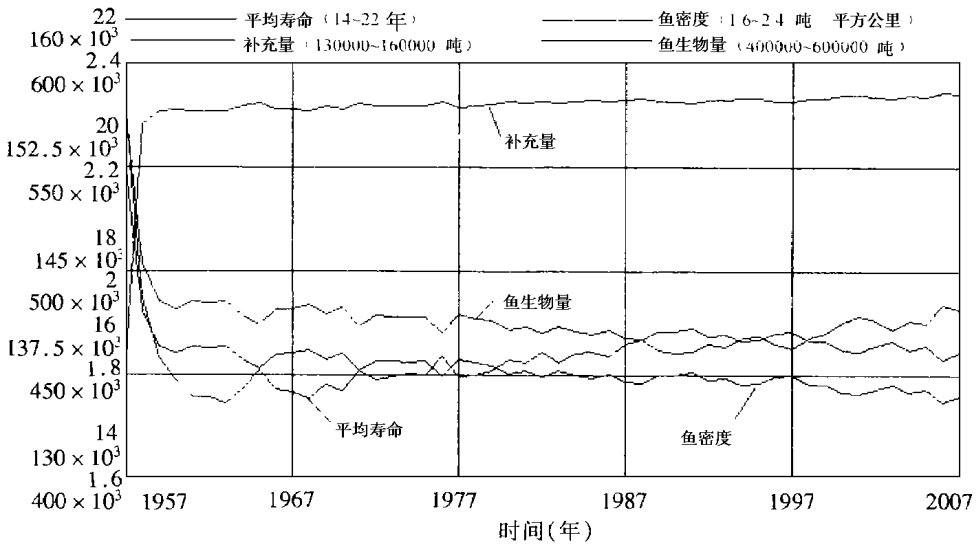


图6 生物量与补充量关系(渔船增长率6%)

Fig. 6 Relationship between supplements and resources of fish(6% increasing rate of vessels)

参 考 文 献

- 叶昌臣, 黄 斌, 朱德山等. 1990. 渔业生物数学——资源的评估与管理. 北京: 农业出版社: 42~143.
- 邓景耀, 赵传纲, 唐启升等. 1991. 海洋渔业生物学. 北京: 农业出版社: 201~236.
- 苏懋康. 1988. 系统动力学原理及应用. 上海: 上海交通大学出版社: 24~149.
- 张光华, 张晓慧. 1992. 我国海洋渔业资源开发利用的现状与前景. 现代渔业信息(8): 15~19.

ON THE EFFECT OF FISHERIES RESOURCES BY THE SCALE OF FISHING FLEET

CHEN Long, JIA Fu

(*Dalian Fisheries University*, 116023)

QIN Shi-Yuan

(*Shanghai Jiaotong University*, 200030)

ABSTRACT Taking the *Pseudosciaena crocea* as an example, the rise and fall processes of *Pseudosciaena crocea* resources are described by the method of System Dynamics, and based on the discussion on the behaviour of the model result, the reasonable increasing scale of the fishing fleet is given. The method and result in this paper can be taken as reference for our country to fish other kind of fisheries resources rationally.

KEYWORDS Fishing fleets, Fisheries resources, System Dynamics, *Pseudosciaena crocea*