

三峡工程对长江口区渔业资源影响的 数值模拟*

薛 频 兰 永 伦

(中国科学院海洋研究所)

河口生态环境与渔业资源受多种因素影响,其变化过程与作用机制错综复杂。动态模型的建立可以简单概括其结构,归纳出其基本特征,为定量描述和分析河口生态环境与渔业资源的变化提供有力工具。三峡工程对长江河口区生态环境及渔业资源影响的前期研究工作已初步查清河口及邻近海域的本底情况和一些基本规律(张法高等,1987;刘瑞玉等,1987),后期工作又进一步收集整理了大量有关历史资料,这为建立长江口渔业资源模型提供了有利条件。

一、模型基本构造

河口是一种具有特殊功能的生态系统,物质与能量的输入、输出都较大,环境条件的变化比湖泊、海湾或海洋的其他区域要剧烈得多,因而所设计的模型需要考虑的因素也相应较多。但是由于受资料的限制,不得不舍弃许多重要因子而只保留那些起关键作用的因素和变量。根据现已基本确认的关系可以确定,三峡工程建成后,随之发生的径流量的变化将通过改变河口区表层盐度和表层水温而引起河口渔业资源的变化。因此本模型是通过分析河口区表层盐度与表层水温的变化模式入手,最后确定渔业资源的变化规律。模型的基本结构采用联立方程组与状态变量相结合的形式。模型采用多元统计的一些相关分析判别技术。参数估值采用一般逐步回归与多因变量双重逐步回归方法(阿坦斯等,1979)。

1. 拟合方程

$$T_1(k) = 0.8520AT_1(k) - 0.1746TW(k) + 2.4760 \quad (1)$$

$$T_2(k) = 2.1332AT_2(k) + 0.3737TW(k) - 3.9262 \quad (2)$$

$$S_1(k) = -0.2563Q_1(k) + 28.9538 \quad (3)$$

$$S_2(k) = -0.2311Q_2(k) - 1.3098TW(k) + 26.4556 \quad (4)$$

$$F(k) = -0.0032C(k-2) - 0.1095T_2(k-1) + 0.0355S_2(k-1) \\ - 0.1813T_2(k-2) + 5.6110 \quad (5)$$

$$H(k) = -0.4242H(k-1) - 0.0073C(k-2) + 0.0220CH(k-1)$$

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2045 号。

本文系中国人与生物圈(MAB)委员会青年科学基金资助项目。

收稿日期: 1991年 9 月 2 日。

$$\begin{aligned}
 & -0.0484S_1 + 0.0417S_2(k-1) - 0.1232T_2(k-2) \\
 & -0.0821T_1(k) + 4.6036
 \end{aligned} \tag{6}$$

$$C(k) = F(k) \cdot N_c(k) \tag{7}$$

$$CH(k) = H(k) \cdot N_k(k) \tag{8}$$

式中:

T_1 : 1—7 月引水船与嵊山站平均表层水温;

T_2 : 10—12 月引水船与嵊山站平均表层水温;

S_1 : 1—7 月引水船与嵊山站平均表层盐度值;

S_2 : 10—12 月引水船与嵊山站平均表层盐度值;

AT_1 : 1—7 月引水船与嵊山站平均气温;

AT_2 : 10—12 月引水船与嵊山站平均气温;

TW : 年台湾暖流强度距平值;

Q_1 : 1—7 月大通站平均径流量($10^3\text{m}^3/\text{s}$);

Q_2 : 10—12 月大通站平均径流量($10^3\text{m}^3/\text{s}$);

F : 长江口年总单位努力量渔获量($CPUE$)(t/标准渔捞努力量);

H : 长江口年带鱼单位努力量渔获量($CPUE$)(t/标准渔捞努力量);

C : 东海区年总渔获量($\times 10^4\text{t}$);

CH : 东海区年带鱼渔获量($\times 10^4\text{t}$);

N_c : 东海区总标准渔捞努力量(万网次);

N_k : 东海区带鱼作业标准渔捞努力量(万网次);

k : 年代序号, $k = 1, 2, 3, \dots$ 。

以上各个方程式既可独立使用,也可作为模型的组成部分在方程组中迭代使用。在模拟三峡工程对长江口渔业资源的影响时,为使结果具有可比性,假设三峡大坝从 1963 年开始投入使用;按三峡大坝 180m 设计方案的拟定调水方案(以下均指此方案),结合其他环境变量,改变径流量输入模型进行迭代运算,然后与径流量未变动时的结果进行比较分析。

2. 数据来源 本文所采用的数据主要来源于四方面:(1) 1985—1986 年长江口生态与渔业资源周年调查资料;(2) 1963—1982 年东海区渔业统计资料;(3) 1963—1982 年长江口及邻近海域的海洋观测资料;(4) 1963—1982 年大通站径流量资料。

二、结果与讨论

1. 温度、盐度 (1)—(4)式基本概括了长江口及邻近海域的表层水文特征。水温和盐度是河口生态环境的重要因素,其变化对河口生态系统有很大的影响。由于采用表层水温,在海面水-气直接进行能量交换,长江口及邻近海域的平均表层温度主要受气温与台湾暖流的影响,因而径流对表层水温的影响已被气温与台湾暖流的作用掩盖而未表现出来。气温与表层水温有显著的正相关关系,由于缺乏台湾暖流的逐月变化资料,只能采用年距平值,因而结果不易看清。盐度的变化则主要与径流量有关。值得注意的是

10—12月的盐度与台湾暖流和嵊山站的降雨量成显著的负相关关系。图1和图2表示由模型计算的表层温度值与实际值的比较。

根据三峡工程建坝后的调水方案,大通站径流量1—7月平均增加 $1700\text{m}^3/\text{s}$,10—12月平均减少 $2678\text{m}^3/\text{s}$ 。由此会导致引水船与嵊山站表层盐度1—7月平均下降0.4357,10—12月上升0.6189。图3和图4表示由模型计算的表层盐度值及建坝后模拟值与实际值的比较。

2. 渔业资源指数 (CPUE)

(1) 在前期研究中曾对CPUE与径流量的关系作过实时(非时滞)相关分析(刘瑞玉、罗秉征等,1987),当时已注意到CPUE逐年衰减的事实(1971—1982年),并在回归关系式中引入一时间衰减因子 e^{-at} 来模拟,但导致CPUE衰减的原因并未直接反映出来。(5)一(6)式清楚地表明CPUE与前两年的总渔获量之间存在一定负相关关系。70年代中期开始,渔捞努力量急剧增加(图5),渔获量也相应大幅增加,从而引起CPUE逐年下降。

(2) 渔业资源指数的变化受到许多因子的制约,从逐步回归分析结果看,两年前下半

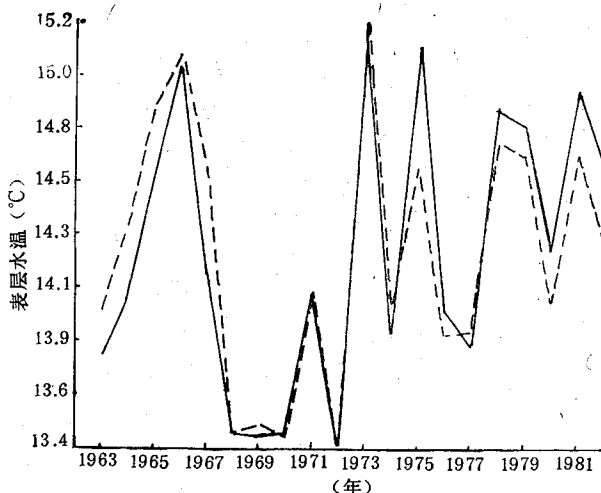


图1 1—7月引水船与嵊山站平均表层水温

——实际值; ----拟合值(图2同)

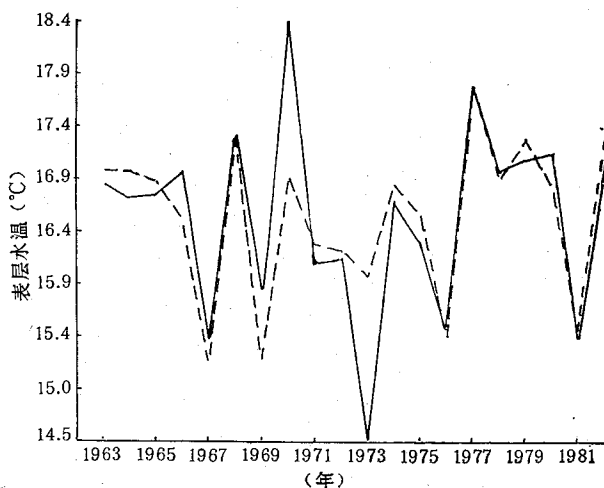


图2 10—12月引水船与嵊山站平均表层水温

年的水温与前两年的渔获量是最重要的因素,二者在筛选过程中是首先入选的因子。盐度在诸因子中与渔业资源指数的相关性较弱,对其影响较弱,在筛选过程中为最后入选因子。长江口及邻近海域盐度的变化主要由径流量决定,其次是台湾暖流等因素的影响,因此,长江径流的变化对渔业资源指数的影响在诸因子中总的来说是较弱的。

从拟合方程式看,前一年10—12月盐度与总渔业资源指数正相关。按调水方案,此时水库蓄水,径流减少,盐度增加。所以三峡大坝的兴建将对总渔业资源指数产生有利影响。带鱼资源指数与之相似,与前一年10—12月盐度正相关,与1—7月盐度负相关。根据调

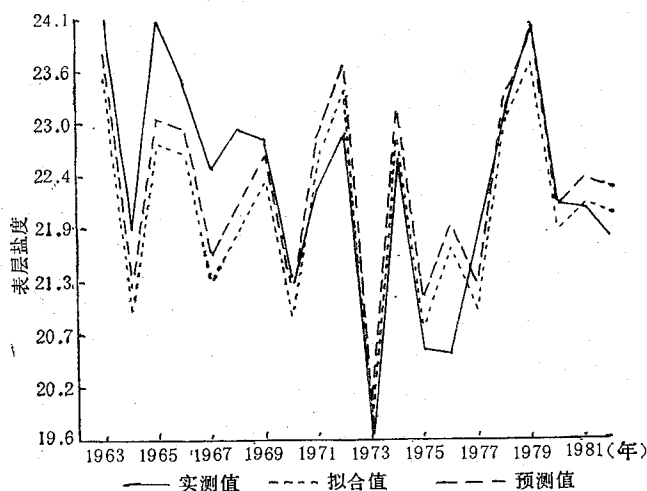


图3 1—7月引水船与嵛山站平均表层盐度
——实测值；-----拟合值；———预测值(图4,6,7,8,9同)

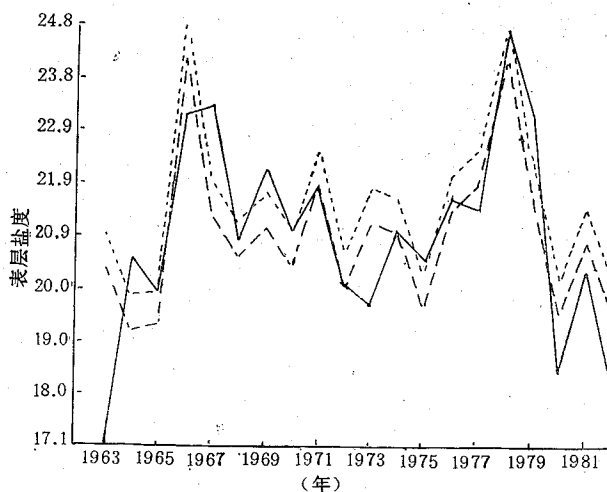


图4 10—12月引水船与嵛山站平均表层盐度

水方案, 1—7月下泄径流增加, 盐度降低; 10—12月蓄水, 径流量减少, 盐度增加。所以1—7月与10—12月下泄流量的调整均对带鱼资源指数的提高产生有利影响。根据模拟建坝预测值与方程拟合值相比较, 调水方案的实施可以使长江口区总渔业资源指数平均每年提高0.0171t/单位努力量, 带鱼资源指数平均每年提高0.0616t/单位努力量。其实际值、拟合值与预测值的比较见图6, 7。

3. 渔获量 图8, 9表示东海区总渔获量与带鱼渔获量的实际值与模型拟合值和建坝后预测值的关系。总渔获量年平均可以提高18000t左右, 带鱼的渔获量年平均可以提高30000t左右。结果表明, 在现有调水方案下, 三峡工程对长江口及邻近海域渔业资源的影响表现略为有利。

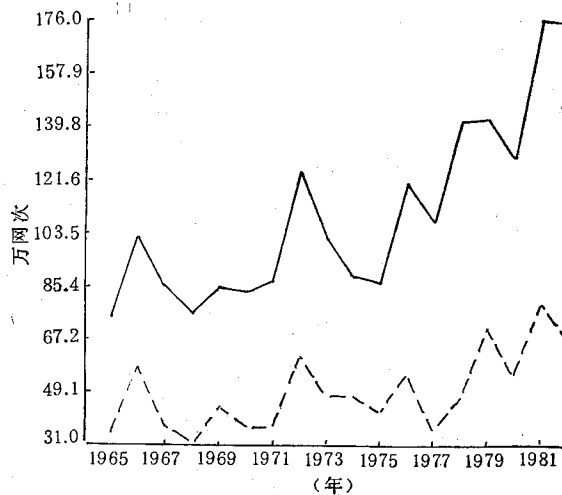


图5 东海区渔捞努力量年变化

—总资源； ---带鱼

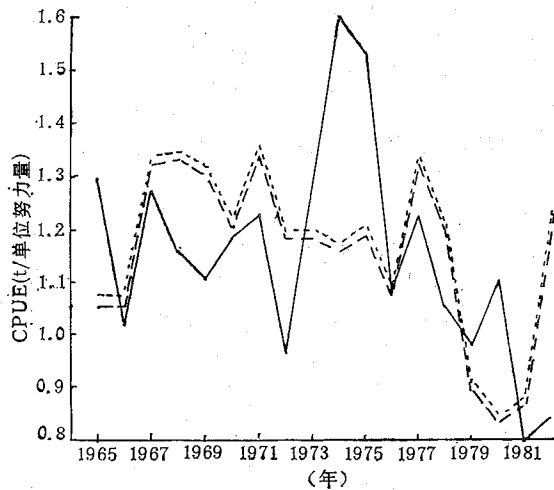


图6 长江口渔场及舟山渔场总CPUE年变化

4. 动态模型与实际值的比较 在实际变量与模型预测的变量之间有一定偏差，产生这些偏差有以下诸原因。首先偏差来源于聚集化，没有进一步考虑各变量间的一些生物学和生态学关系，这些关系会在其他变量的变化中反映出来。一般说来，一个模型的变量数目越多，其准确性则越高。其次，在一长时期里应用了同一线性时不变模型，可是在此期间渔业资源的模式与结构可能发生变化。再者，60年代后期一些资料残缺，有些数据是经过插值获得的，因此模型精度可能会受到一些影响，甚至在个别年份出现较大的偏差，但尚不致影响总体结果。

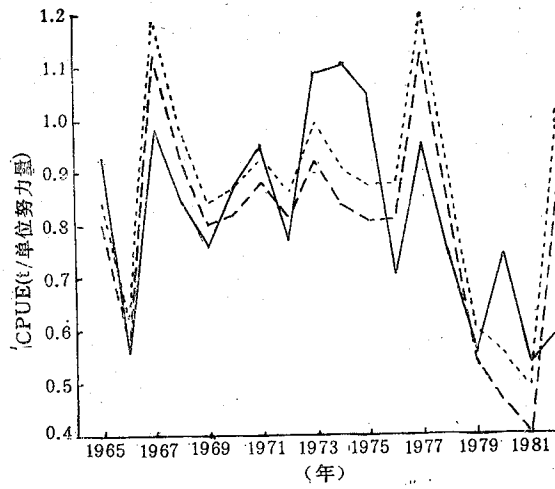


图7 长江口渔场及舟山渔场带鱼 CPUE 年变化

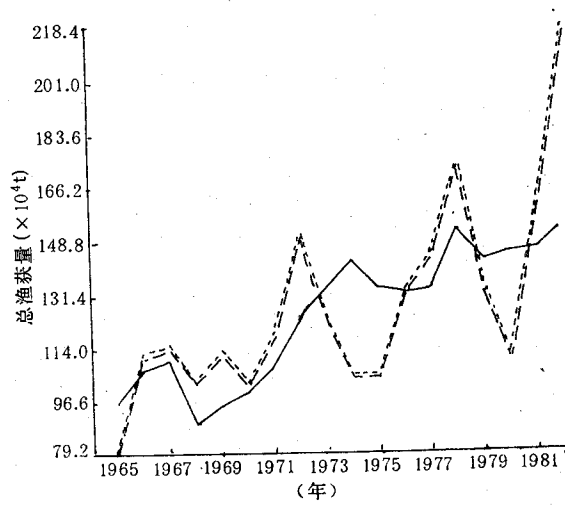


图8 东海区总渔获量年变化

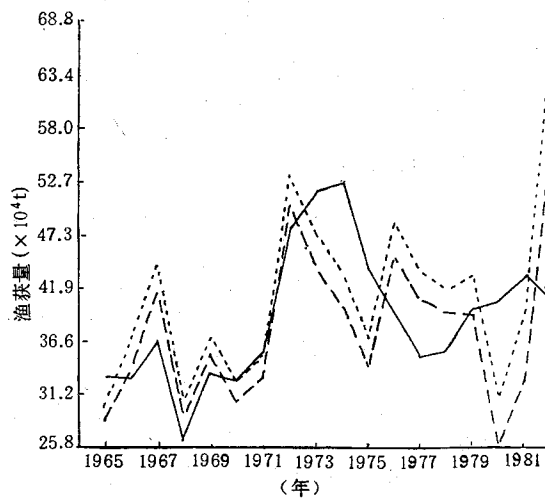


图9 东海区带鱼渔获量年变化

三、结 束 语

长江口及邻近海域的生态环境与渔业资源除受到长江径流的影响外，还受到其他环境因素与人类活动的强烈影响。其内在作用机制目前尚不清楚，若仅单独分析某一变量与另一变量之间的关系可能导致一些难以接受的结论。因此采用系统模型进行综合分析是十分必要与可行的。

虽然本模型比较简单，但是模拟结果与实际值基本一致，基本反映了长江口生态环境与渔业资源之间的变化关系。

参 考 文 献

- 刘瑞玉等,1987,三峡工程对河口生物及渔业资源的影响,长江三峡工程对生态与环境影响及其对策研究论文集,科学出版社,403—446。
- 张法高、杨光复、沈志良,1987,三峡工程对长江口水文、水化学和沉积环境的影响,长江三峡工程对生态与环境影响及其对策研究论文集,科学出版社,349—462。
- 阿坦斯, M. 等(宗孔德等译),1979,系统、网络与计算: 多变量法,人民教育出版社,106—171。

NUMERICAL SIMULATION OF EFFECTS OF THE THREE GORGES PROJECT ON FISHERY RESOURCES IN THE CHANGJIANG RIVER ESTUARY*

Xue Pin and Lan Yonglun

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

ABSTRACT

We established the simultaneous equations of state variables by means of stepwise regression and basing on the historical materials of hydrology, meteorology and fishery statistical figures, as a useful tool for calculation of the effects of the Three Gorges Project on Changjiang River Estuarine fishery resources.

On the assumption that Three Gorges Project had been built and 180m design had been conducted the hydrology data can be drawn up according to the design. Using this tool and the simulant data the impacts of the Three Gorge Project on the fishery resources of Changjiang River Estuary are analysed. The results indicate that, upon the whole, the construction of the Three Gorges Project will have no harmful effects on the estuarine fisheries. The draft 180m design can raise CPUE by 0.0171 t/f per year in the Changjiang River Estuary fishery resources.

* Contribution No. 2045 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.