

三峡工程对河口及邻近海域渔业影响的初步探讨*

罗秉征 薛 频 卢继武 黄颂芳

(中国科学院海洋研究所)

河口只是河流与海洋之间的一小部分水域,但对人类社会的发展和生物的进化起着重要的作用。它不仅是生物种群繁殖、育幼和栖息的场所,而且是溯河和降海鱼类洄游的必经之路,因此,河口对生物种群的繁衍延续和资源补充,以及保持生态平衡具有十分重要的意义。

然而,河口又是生态环境十分脆弱和敏感的水域,同时也是受人类干扰最为严重的区域。因此,河口的生态环境问题愈来愈引起人们的关注,其中包括长江三峡水库的兴建对长江口及其附近海域生态、环境的影响,特别是对位于河口两侧的我国著名两大渔场——舟山渔场和吕四渔场的影响问题。影响渔业资源的因子是多方面而且错综复杂的。本文主要通过长江径流的变化与环境因子变量的相关分析,并根据三峡水库不同蓄水方案,对河口近海渔业的影响问题进行初步探讨。

一、河口及邻近海域环境条件

河口是河流与海洋之间的过渡区,海、淡水在此交汇,环境因子复杂多变。但河口区的许多最重要的理化特征和生物特征并不是过渡性的,而具有其独特性(奥德姆,1971)。河口是一个结构复杂、功能独特的生态系统。

1. 理化环境 长江口位于亚热带区域,环境因子有明显的季节性变化。长江水量丰沛,年平均径流总量约为 9 240 亿立方米。入海径流有明显的季节变化,丰水期(5—10 月)入海水量占全年的 71.7%,以 7 月为最大。此时径流在河口海区形成大范围的长江冲淡水,有的年份可达到济州岛。枯水期(11—翌年 4 月)径流占全年的 28.3%,以 1 月流量最小。冬季长江冲淡水退缩到近岸很窄的狭带内。从图 1 看出,长江径流与河口盐度具有明显的负相关关系,表明长江径流是影响河口水域盐度变化的主要因子。

长江口近海不同水团的消长和相互作用,是影响和制约生物群体变迁和鱼群行动的重要因子。沿岸低盐水团以长江冲淡水为主,盐度全年在 30 以下,它的消长受长江径流的制约。夏半年径流量递增,冲淡水面积扩大,其前锋可达到东经 125°30′,北纬 33°15′(图 2),南北可跨 4 个纬度(喻祖祥等,1984 年)。冬半年径流逐月递减,冲淡水面积缩小(图

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2024 号。

收稿日期:1989 年 11 月 4 日。

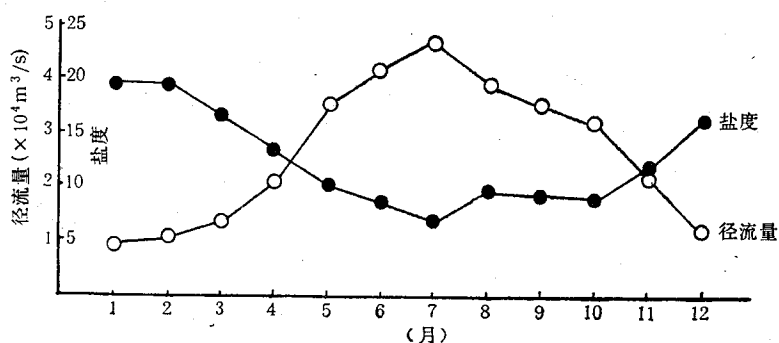


图1 长江径流量与河口水域盐度的变化关系

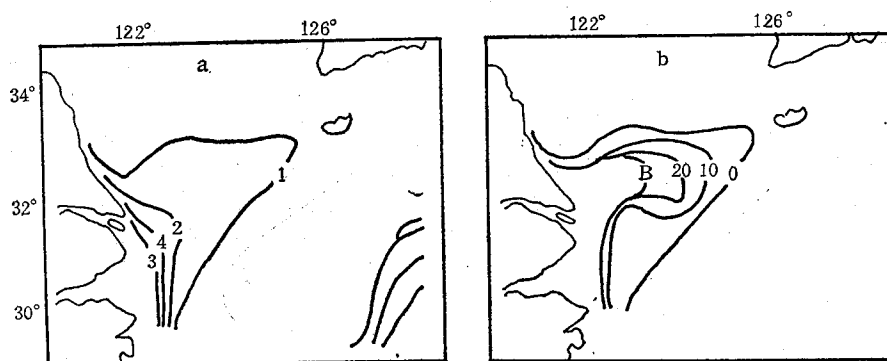


图2 长江冲淡水的变化与各层叠置的比较

(据 喻祖祥等, 1984)

a. 表层: 1. 夏初; 2. 秋初; 3. 冬初; 4. 春初 b. 叠置各层:
0. 表层; 10. 10m 层; 20. 20m 层; B. 底层

2)。台湾暖流水具高盐、高温特征, 夏半年盛行南风, 暖流水向北靠岸扩展, 冬半年北风较强, 暖流水衰退。高盐的台湾暖流水与低盐的长江冲淡水在河口附近海域相遇、混合, 表、底层水的盐度值有相当大的差异, 形成一个高梯度的混合区。这一水域饵料生物繁盛, 鱼群密集, 成为良好的渔场。

长江径流向河口水域输送大量营养物质, 年输送量(单位: $\times 10^4 \text{ t}$)为: 总无机氮 88.81, 磷酸盐 1.36, 硅酸盐 204.44, 硝酸盐 63.57, 活性铁 0.27(张法高等, 1987)。营养盐入海量的多寡与径流量的季节变化颇为一致, 除铵-氮外, 磷酸盐、硅酸盐、硝酸盐、亚硝酸盐, 总无机氮以及活性铁等营养盐类均与径流变化呈正相关。这些优越的环境条件成为生物繁衍与发展的物质基础。

2. 生物环境 河口生物群落的分布与盐度有密切关系, 一般每个种群都有自己的适应范围(盐度、温度), 并按盐度分布的变化显示出不同的分布区域。河口几乎包括了所有生态类型的生物, 但终身生活在河口水域的种类并不多, 大多数生物不能适应变化激烈的河口环境; 凡是在此持续生存的种类, 一般对环境都具有较大的承受能力和可塑性, 所以河口水域生物种类的多样性指数通常较低。随着季节变化, 出现生物群落相应的季节

替换现象;物种替换所达到的适应性,比种内的适应更为有效,(奥德姆,1971)。

长江口区的初级生产力较我国其他河口及海域均高。据调查(刘瑞玉等,1987),长江河口区(东经 $121^{\circ}21' - 124^{\circ}00'$, 北纬 $30^{\circ}45' - 32^{\circ}00'$) 年初级生产量为 $7.21 \times 10^6 \text{t}$ 碳, 约折合浮游植物鲜重 $1.4422 \times 10^8 \text{t}$ 。

初级生产量和浮游植物与浮游动物生物量亦具有明显的季节变化规律,一般在夏、秋季较高,冬季较低(表 1)。

表 1 初级生产量、浮游生物与游泳动物生物量的年内变化

类 别	生物 量	高生物量期		低生物量期	
		月 份	占全年比重 (%)	月 份	占全年比重 (%)
初级生产量 (gC/m^2)		5—9	95.1	1—2, 4	1.1
浮游植物 (mg/m^3)		6.8—10	65.3	11—12	5.5
浮游动物 (mg/m^3)		5.7—9	68.1	12—2	8.2
无脊椎动物 (kg/m^2)		5—6, 10—11	67.6	1—3	4.4
鱼类 (kg/m^2)		8—11	72.5	2—4	5.0

河口水域大多数的游泳动物为季节性洄游种类。春、夏季暖流增强,径流增大,随着沿海水温升高,饵料生物更为繁盛,游泳动物纷纷游至河口及浅海生殖、育肥。秋末冬初,沿海水温下降,饵料生物量降低,多数鱼类游向深水越冬。

春、夏季是大多数鱼类进行生殖的季节,鱼卵与仔鱼主要出现在春、夏,分布在河口盐度在 32 以下的混合水域。据调查(杨东莱等,1990),春季鱼卵占全年总数的 75%, 仔鱼占 16.6%;夏季鱼卵数量减少,而仔鱼数量增多,分别占总数的 19.4% 和 73.3%。秋、冬季仅有少数鱼类生殖,鱼卵和仔鱼数量分别占总数的 0.85% 和 3.0%。鱼类春、夏产卵后,其幼体即在河口水域发育生长。幼鱼数量在河口水域占有很大的比重,主要是带鱼、大黄鱼、小黄鱼、银鲳、刀鲚、凤鲚、鳓、长吻鲢、棘头梅童、黄鲫、龙头鱼、燕尾鲢、白姑、皮氏叫姑等经济种类。这些种类的幼鱼以夏、秋季数量最大,在 8 月和 11 月出现两个高峰(图 3)。

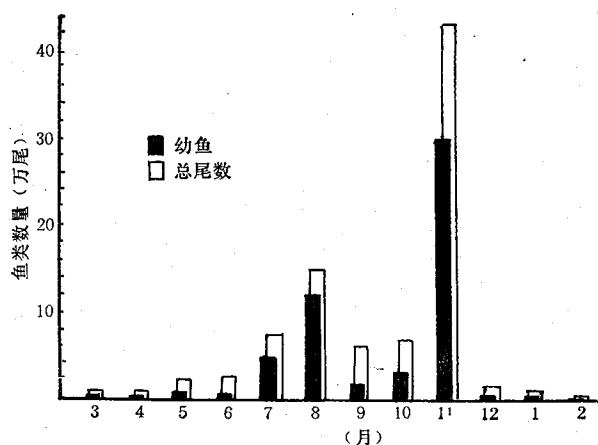


图 3 长江口近海主要鱼类数量及其幼鱼数量的季节变化

这表明长江口及邻近海域是渔业上许多重要种类繁殖和育幼的场所。

二、河口与近海渔业

1. 河口渔业 河口主要渔业资源有凤鲚、刀鲚、前颌间银鱼和安氏白虾、中华绒螯蟹等,素有河口五大渔汛之称。凤鲚平时生活在河口及其附近水域,春季游进河口产卵,生殖期为5—6月,形成旺汛,主要产卵场在浏河口外一带;渔获量1000吨左右,居河口水产品产量的首位。刀鲚早春开始自海向江进行生殖洄游,产卵场在长江中下游湖泊和支流,每年3月中至4月底在河口江段形成春汛;产量波动在100吨至300吨之间。前颌间银鱼,2—4月游进河口产卵,形成旺汛;产量波动较大,最高产量曾达500多吨,近年仅几十吨。松江鲈、长吻鮠、鲥和鳊鲢及其幼体(鳊苗)等是河口的名贵资源。河口还有经济价值较高的虾蟹类,如安氏白虾和脊尾白虾,年平均产量为300吨左右。中华绒螯蟹,秋季从长江下游降河生殖洄游,产卵场在河口浅滩水域,盐度范围为1.8—17,11月至翌年3月形成旺汛;其幼体俗称蟹苗,于6月上旬随潮上溯到崇明附近水域,形成蟹苗旺汛,产量不稳定。

2. 近海渔业 长江口近海是我国最大渔场,其中以舟山渔场和吕四渔场最为闻名。长江口近海渔业资源在我国海洋渔业上占有举足轻重的地位。带鱼产量居首位,年捕捞量为30万吨左右,是长江口近海最重要的渔业资源。所属东海北部群系的带鱼群体于5—10月洄游至长江口近海生殖和索饵,生殖盛期为5—7月,渔场水温17—20℃,盐度为33.5,为渔轮夏汛的主要捕捞对象。秋末冬初,索饵鱼群在河口南侧嵎山水域集群,形成著名的嵎山带鱼冬汛,是群众渔业规模最大的渔场,最高产量为37万多吨。分布在长江口近海的大黄鱼种群的生殖期主要在春、夏季(5—6月)。产卵适温范围15—22℃,最适盐度17—28,喜在潮流急、水色混浊、盐度低而梯度大的水域产卵。历史最高年产量近20万吨。仅次于带鱼。近年产量已不足万吨。小黄鱼产卵场位于河口南、北侧,以吕四渔场最盛。生殖期3—4月,适温范围11—14℃,盐度29—32,汛期的迟早与沿岸水的强弱有关。产量次于大黄鱼。小黄鱼和大黄鱼是经济价值较高的资源,近年,资源遭到严重破坏。河口近海渔业产量在万吨以上的其他经济鱼类,如银鲳、梅童鱼,一般在水深30m内产卵,水温13.5—21.5℃,适盐范围较广,盐度为16—34;白姑鱼、鳓适盐范围也较广,为18.5—31.5;海鳗适盐范围偏高,为29—34。此外,长江口近海还有经济价值较高的无脊椎动物资源,其中数量较大的有曼氏无针乌贼和三疣梭子蟹等。曼氏无针乌贼春季自南向北生殖洄游,5—7月到达长江口近海形成渔汛,产量一般3—5万吨。

上述经济种类构成河口及其近海主要渔业,一般来说,这些都属于河口性种类,它们主要栖息在盐度在32以下的近岸与近海水域,它们的生存与河口环境条件有着密切的关系。

三、三峡工程对长江口近海渔业的影响

1. 对渔场的影响 据统计,夏季长江口近海渔场底拖网渔获量中带鱼占83%,因

此,拖网渔获量的变化基本上反映了带鱼生殖群体的移动情况。为探讨三峡工程对河口近海渔场的影响,首先须查明长江径流量的变化与渔场的关系。现据 1971—1982 年长江口近海(东经 $122^{\circ}00'$ — $125^{\circ}00'$, 北纬 $29^{\circ}00'$ — $33^{\circ}00'$)夏季底拖网渔获资料,探讨长江径流与同时期渔场的变动关系。为比较和确定中心渔场位置,本文根据动力学原理,采用质点组运动的方法比较渔场的变动状况。为便于分析计算,将渔场划分若干个渔区,把各渔区的渔获量看作集中于该渔区中的质点。于是各渔区的渔获量便组成一个质量中心(简称质心),质心的运动可以反映中心渔场位置的变化。设立以正东方向为 x 轴正向,正南方向为 y 轴正向的平面坐标系,选择任一坐标原点为长江口海域的几何中点,即东经 $123^{\circ}45'$,北纬 $31^{\circ}15'$ 。假设各渔区的边长相等,忽略由于球面产生的误差,则以一个渔区的边长为 30n mile 作为坐标轴的单位长度。

设第 i 个渔区(x_i, y_i)渔获量 C_i 集中于该渔区中心位置的质点上,则有:

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^N C_i x_i}{\sum_{i=1}^N C_i}, \quad y_c = \frac{\sum_{i=1}^N C_i y_i}{\sum_{i=1}^N C_i}$$

上述计算结果表明,各年质心(中心渔场位置)的变动与长江径流量的多寡相关。凡是质心距坐标原点的距离愈远,当年同期的长江流量就愈大(图 4)。因此,中心渔场位置在长江

流量大的年份一般偏向东南,流量小的年份一般偏向西北(图 4)。

例如,1977 年 5、6 月的径流量是 10 年中较大者,其中心渔场位置明显偏向东南(图 5);而 1974 年 5、6 月的径流量在 10 年中最小,中心渔场位置明显偏向西北(图 5);这两年同期的中心渔场位置南北方向相差约 60 海里,东西方向约差 40 海里。鱼群较为密集的区域均出现于台湾暖流水、长江冲淡水与黄海水界面的混合区。中心渔场除受台湾暖流水的制约外,还受长江冲淡水大小的影响。1977 年 6 月不仅长江径流

量强大,而且台湾暖流水也最强盛;暖流水前锋越过北纬 31° 线,遇到较强的冲淡水后北上受阻,冲淡水的抑制作用使渔场偏南。1974 年 6 月台湾暖流水较强,但该时的径流甚小,冲淡水对暖流水前锋北上的抑制作用削弱,故渔场偏北。可见,长江冲淡水对中心渔场的变化有着一定的作用与影响。

位于长江口东南侧的嵎山冬汛带鱼渔场,是我国群众渔业规模最大的渔场,面积约 4000 平方海里(朱德坤、陈阿毛,1980)。渔汛一般从 11 月开始到 12 月底结束(12 月以

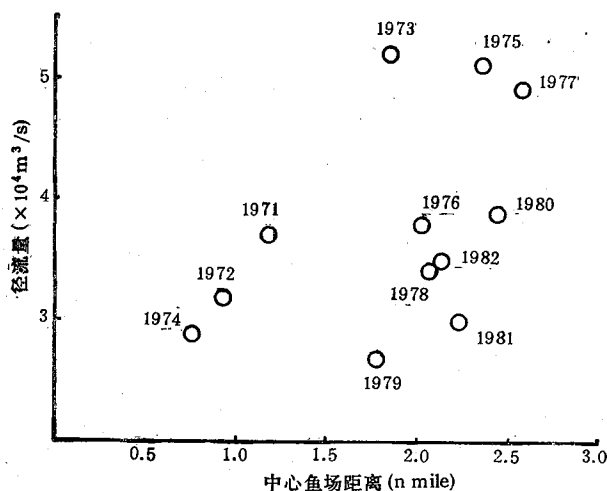


图 4 长江口近海不同年份夏季中心渔场与同期径流量的关系

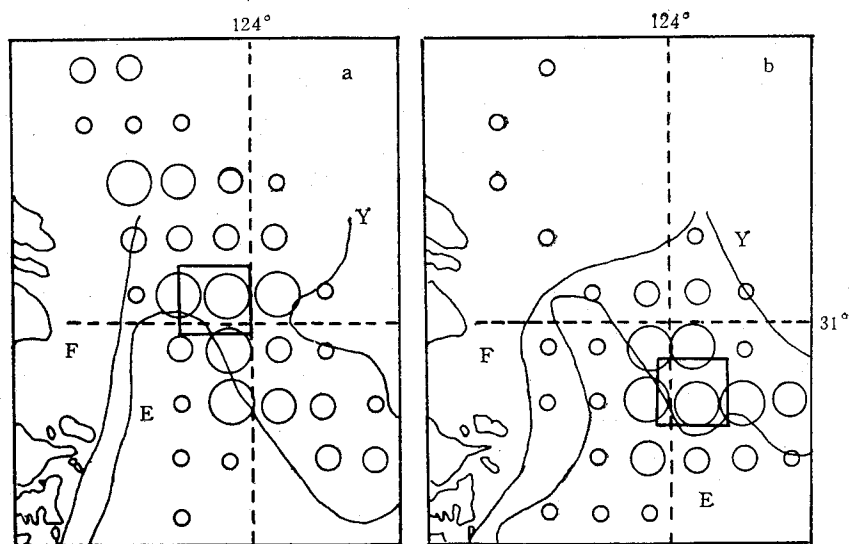


图5 长江口邻近海域底层中心渔场位置与水团的关系

a. 1974; b. 1977年

F为冲淡水, Y为黄海水, E为台湾暖流水(水团资料据沈惠民等, 1985);
方框表示中心渔场位置, 圆形表示渔获量的等级。

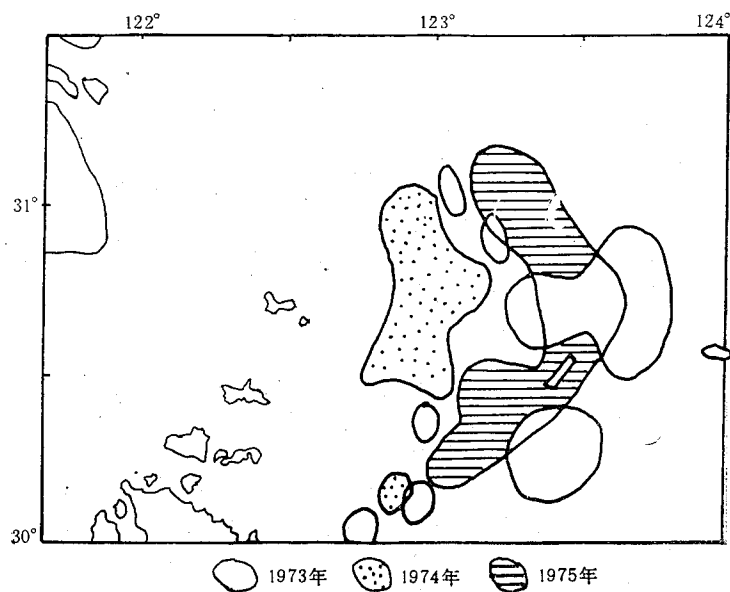


图6 嵎山冬汛带鱼中心渔场的变化

后南移), 历时两个月左右, 最高年产量可达 30 万吨以上, 占夏、秋拖网产量的 80%。

嵎山冬汛带鱼中心渔场, 一般位于台湾暖流水舌的前锋附近, 渔场位置同样受台湾暖流水与长江径流量的影响和制约而变动。例如, 1975 年 11 月长江径流(流量 $3.04 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$) 较 1974 年 11 月(流量 $1.96 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$) 明显强盛(为其 1.55 倍)。1975 年 11 月

嵊山带鱼中心渔场位置较 1974 年同期向东南偏外约 30 海里(图 6)。另一方面, 1975 年 11 月台湾暖流水也较 1974 年同期的为弱, 其高盐水舌概位较 1974 年偏南约 20' (朱德坤、陈阿毛, 1980), 这也是使带鱼中心渔场偏南偏外的因素。

从图 6 还可看出, 1973 年 11 月的带鱼中心渔场更为偏外, 虽然 1973 年 11 月的流量 ($2.35 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$) 小于 1975 年同期, 但其前几个月的径流十分强大, 如 10 月份达到 $4.21 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$, 说明 10 月份流量的大小对 11 月份渔场的变化仍有一定影响。因此, 在分析长江冲淡水对渔场的作用与影响时, 不仅要考虑同期的影响, 还要考虑前期的影响。

2. 对渔业的影响

(1) 径流与拖网渔捞单位努力量渔获量的关系 在捕捞力量不断加强的情况下, 渔获量的多少不能完全反映资源的实际情况, 何况我国近海渔业资源已处于衰退状态。为此, 根据有关资料(顾惠庭、尤红宝, 1987), 对长江口及舟山渔场历年的拖网单位努力量渔获量进行了标准化处理, 处理后的单位努力量渔获量(即资源指数)基本上反映了相应年份的资源状况与鱼群密度, 较大地提高了准确性与可比性。

经与径流量相关分析的结果表明, 长江径流量(大通站)与资源指数具有一定的相关性, 特别是与当月或相邻月份的资源指数的相关性较显著。这一现象与其说是对渔业资源的影响不如说是对捕捞作业的影响更为恰当。考虑到三峡工程完成后于 10 月份蓄水, 此时正是嵊山带鱼冬汛的前夕, 因此, 本文仅就 10 月的长江径流量与 10 月和 11 月长江口和舟山渔场底拖网的总渔获量资源指数及带鱼资源指数进行了相关分析。

近年我国近海主要传统资源已处于衰退状态, 资源指数也趋于下降, 采取线性分析就有一定的局限性。为确切反映资源指数与径流的关系, 我们将资源衰退因素考虑进去, 即在一定时间内拟合成带有时间函数的非线性方程。现将分析结果分述如下。

。 10 月流量与 10、11 月总资源指数相关式:

$$Y = (0.00085X + 57.212)e^{-0.027t} \quad (1)$$

式中, Y 为总资源指数(kg), X 为流量(m^3/s), t 为时间(年)=1, ..., 12。 $R = 0.774$ 。

10 月流量与 10 月、11 月带鱼资源指数相关式:

$$Y_1 = (0.00115X + 27.884)e^{-0.039t} \quad (2)$$

式中, Y_1 为带鱼资源指数(kg), X 为流量(m^3/s), t 为时间(年)=1, ..., 12。 $R = 0.719$ 。

图 7 和图 8 反映了资源指数实测值与相应年份径流量的相关规律, 实测值曲线向右倾斜的幅度表明资源衰退的趋势, 而资源指数理论值曲线的倾斜完全符合实测值的变化规律, 说明相关式(1)和(2)的拟合效果反映了客观实际。同时, 这两个相关式也反映了随着资源衰退时间的推移其理论值是不等值的。例如, 1979—1982 年径流量处于较强的状态, 但其资源指数与 1973—1975 年相比, 有较大幅度的下降, 说明流量虽大但资源指数下降了, 显示出资源衰退的趋势。而资源指数与径流的关系却未变。上述分析表明, 在资源正常与衰退的情况下, 资源量随流量变化的值并不相等, 这一差异从 1979 年以后各年表现得更为明显(图 7, 8)。

(2) 径流与冬汛带鱼单位努力量渔获量的关系 根据 1954—1983 年系列历史资料进行分析的结果表明, 嵊山冬汛带鱼资源指数与相应年份 10 月经流的相关关系呈负相关(图 9), 同秋季渔轮底拖网的总资源指数和带鱼资源指数与径流的相关关系恰恰相反。

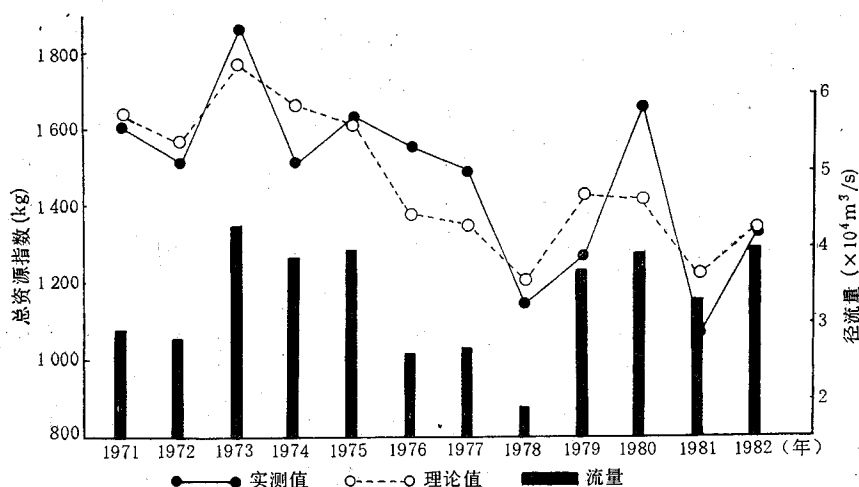


图7 10月径流量与长江口及舟山秋季(10,11月)渔场总资源指数的关系

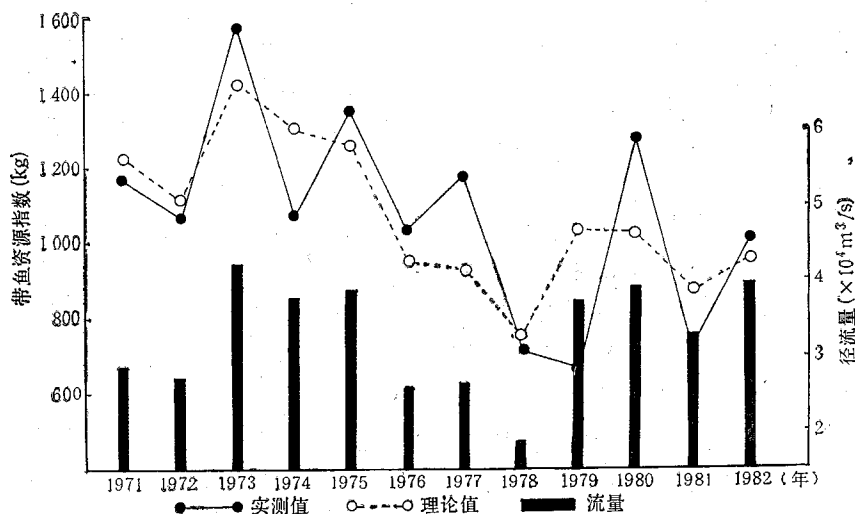


图8 10月径流量与长江口及舟山秋季(10,11月)渔场带鱼资源指数的关系

10月流量与嵊山冬汛带鱼资源指数相关式:

$$Y_2 = (70.898 - 0.0008X)e^{-0.016t} \quad (3)$$

式中, Y_2 为冬汛带鱼资源指数(kg), X 为流量(m^3/s), $t = 1, \dots, 30$ (年)。 $R = 0.548$ 。

上述结果表明,三峡水库10月蓄水后,将对近海长江口渔场和舟山渔场的渔轮拖网渔业不利,而对冬汛带鱼渔业将产生有利影响。造成这一结果可能有以下几方面的原因。首先,长江径流量的大小可以影响河口近海的海洋环境条件,特别是水文物理条件,如盐度锋面和海流等。带鱼冬汛渔场靠近海域,汛期或汛前如果流量较强可导致中心渔场外移。同时,较强的冲淡水与台湾暖流水相遇形成上、下层水流方向的不一致,加之群众

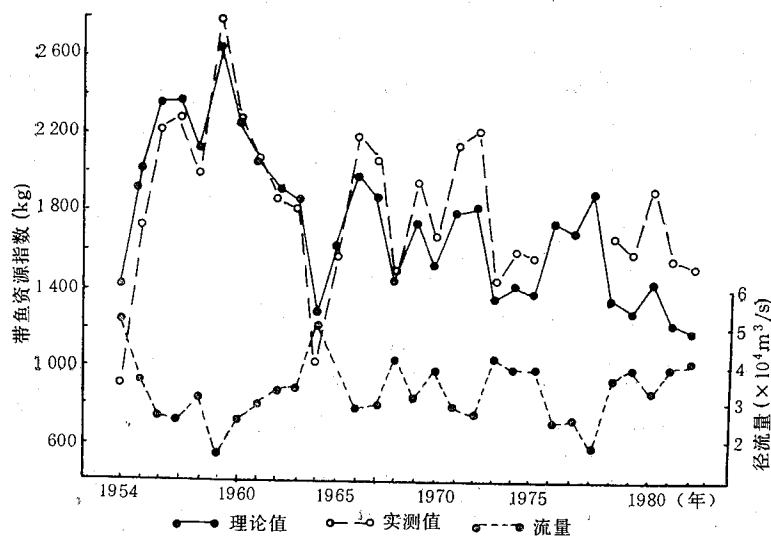


图9 10月径流量与冬汛带鱼资源指数的关系。

渔业现代化程度较低,给捕捞造成困难,从而影响了捕捞效果¹⁾。如果流量较小,渔场偏里,就相对提高了捕捞能力,从而增加了渔获量。对渔轮拖网渔业来说,由于其作业渔场偏外,流量增大可使鱼群外移,加之渔轮渔业设备现代化程度较高,较少受到环境条件改变的影响,因而提高了捕捞效果。以上述所分析的三峡水库10月蓄水后对河口近海渔业可能产生的影响,实际上只是对当年捕捞效果的影响,对其资源补充的影响则尚待进一步研究。

(3) 对渔轮拖网和冬汛带鱼渔获量的可能影响 根据前节对渔业资源指数与流量的相关分析,可以预测三峡水库建成后对河口近海渔业资源指数的影响,水库蓄水越多,其影响程度越大。三峡工程蓄水水位若为150m,10月份下泄流量将减少2800m³/s;水位180m时将减少7000m³/s。现仅以此两种蓄水方案预测三峡工程对渔业的可能影响。在河口及邻近海域环境条件相对稳定的情况下,可能导致如下结果:10月份径流减少,长江口及舟山渔场秋季底拖渔业资源指数将有所降低,180m方案比150m方案将使资源指数下降更大;而嵎山冬汛带鱼的资源指数会有所增高,其增高程度180m方案大于150m方案(表2)。

表2 三峡工程蓄水后对河口近海渔业资源指数的影响

三峡工程蓄水方案	150m		180m	
	总资源	带鱼	总资源	带鱼
渔轮底拖网资源指数减少量(%)	5.4	8.5	9.5	15.7
嵎山冬汛带鱼资源指数增加量(%)	—	3.7	—	11.6

1) 沈金鳌等,1985。东海带鱼调查、渔情预报和渔业管理论文集,77—99页。

上述分析表明,10月份径流减少后长江口、舟山渔场和嵊山渔场的环境条件以及中心渔场的位置将发生一定的变化,从而导致捕捞的不同效果。随着渔业的发展与捕捞作业的变化,径流量与渔业现有的相关关系可能会改变,但由径流变化而引起的海洋学环境条件的变化则不会改变。

四、结 语

关于径流对近海渔业影响问题,迄今研究报道不多,其中有说服力的研究更为少见。生物与环境之间的关系是一个复杂过程,探讨径流对渔业资源的影响是一个难度很大的研究课题。Sinclair (1986) 在评述这一问题时指出,评估径流对河口海洋学和渔业生产的影响可以采用两种方法,一种是根据现存的时序资料进行研究,另一种是根据理论进行概念性的探讨。大多数学者是根据时序资料采用相关分析进行探讨。统计学上的相关在一定程度上反映了生物与环境各变量间的相互关系,但不一定表明其生物学过程的因果联系。对生物学过程了解得愈清楚,相关分析的意义就愈大,这需要进行长期深入的研究。据尼柯里斯基(1965)的研究,原苏联里海北部和咸海的一些主要经济鱼类,如鳊、拟鲤、梭鲈和鲱等,其世代的盛衰与径流存在相关性,径流的大小又与太阳辐射强度有关;径流量的减少,将使鱼类的饵料条件恶化;并认为各种鱼都按自身固有的特性对自然现象作出反应。另一些研究(札索索夫,1970)也表明,幼鱼的数量与海水盐度之间存在相关,盐度的变化可作为影响洄游和饵料保证程度的间接因素。

我国也有类似的例子,由于黄河的大量淡水用于农田灌溉,1959年径流量仅及年平均流量的55.5%,导致河口附近海区肥度降低,饵料生物数量显著减少,产卵场和育肥场条件恶化,造成渔业减产¹⁾。三峡水库的设计方案为季节性调节水量,即改变流量原有季节变化的幅度。就其对河口的影响而言,可能在一定程度上改变这一水域生态系统的结构与功能,但其变化是潜在的和缓慢的。水库蓄水对当年的渔业捕捞产生一定影响,对资源补充的影响尚待进一步深入研究。

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。
- 朱德坤、陈阿毛,1980,冬季嵊山带鱼中心渔场与高盐水舌锋位置的关系,水产学报,8(2): 125—133。
- 张法高、杨光复、沈志良,1987,三峡工程对河口水文、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,369—402。
- 杨东莱、吴光宗、孙继仁,1990,长江口及其邻近海区的浮性鱼卵和仔稚鱼的生态研究,海洋与湖沼,21(4): 346—355。
- 郭玉洁、潘友联,1991,长江口区初级生产力的研究,海洋科学集刊,本集。
- 顾惠庭、尤红宝,1987,东、黄海底拖网渔业渔捞努力量修正方法的探讨,海洋科学,4: 43—47。
- 喻祖祥等,1984,长江口及济州岛附近海域变性水团的初步分析,山东海洋学院学报,14(3): 1—11。
- 札索索夫, A. B. (朱德山译), 1978, 渔业的理论研究, 农业出版社, 190—193。
- 尼柯里斯基, Г. B. (黄宗强等译), 1982, 鱼类种群变动理论, 农业出版社, 348—359。

1) 黄海水产研究所, 1960, 黄河流量变化对渔业资源的影响, 黄海水产研究丛刊, 第四期。

- 奥德姆, E. P. (孙儒泳等译), 1981, 生态学基础, 人民教育出版社, 347—356。
- Skreslet, S., 1986, Freshwater outflow in relation to space and time dimensions of complex ecological interactions in coastal waters, In: The Role of Freshwater Outflow in Coastal Marine Ecosystems (Ed. Stig Skreslet), 3—12.
- Sinclair, M., G. L. Bugden, C. L. Tang, J. C. Therriault and P. A. Yeats, 1986, Assessment of effects of freshwater runoff variability on fisheries production in coastal waters, In: The Role Freshwater Outflow in Coastal Marine Ecosystems (Ed. Stig Skreslet), 139—160.

IMPACT OF THE THREE GORGES PROJECT ON THE FISHERY OF THE CHANGJIANG RIVER ESTUARY AND ADJACENT WATERS*

Luo Bingzheng, Xue Pin, Lu Jiwu and Huang Songfang

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

ABSTRACT

There is compelling evidence that river inflow results in considerable inputs of nutrients. It is shown that freshwater outflow to the sea is an important factor which links variations with biological productivity in coastal waters. The Changjiang River Estuary is the breeding and nursery areas for many organisms and it is also the only way of migration for anadromous and catadromous fishes.

The estuary is a mixed zone of fresh and sea water, where the environmental factors are varied and complex in the form of seasonal periodicity. The abiotic (salinity, temperature, runoff and nutrient salt, etc.) and biotic (primary productivity, phytoplankton, zooplankton and neuston) environmental features in the Changjiang River Estuary have been shown in this paper. In one year, the values of factors reach the peak in summer and autumn, and lower in winter, pick up in spring. It is shown that there is obvious relationship between the Changjiang River runoff and environmental factors by regression analysis.

The Three Gorges Reservoir will store water in October. In such case, according to 180 meter plan, the runoff will decrease as many as $7,000\text{m}^3/\text{s}$, and in the period from January to April the runoff will increase as many as $1,000\text{—}2,500\text{m}^3/\text{s}$. The possible effects of Three Gorges Project on fishery in the Changjiang River Estuary and its adjacent waters are:

1. the offshore fishing grounds will shift northwestward to the estuary;
2. the extent of the influence of the two designs of dam on the demersal catch may be different;
3. based on 150 m design, the CPUE of fishing vessel in autumn and that of hairtail in the same period will decrease by 5—8%; while that based on 180 m design will be still higher, by 9—15%;
4. the CPUE of hairtail in winter based on 150 m design will increase by 4%; while that based on 180 m design will be still higher, by 12%.

* Contribution No. 2024 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.