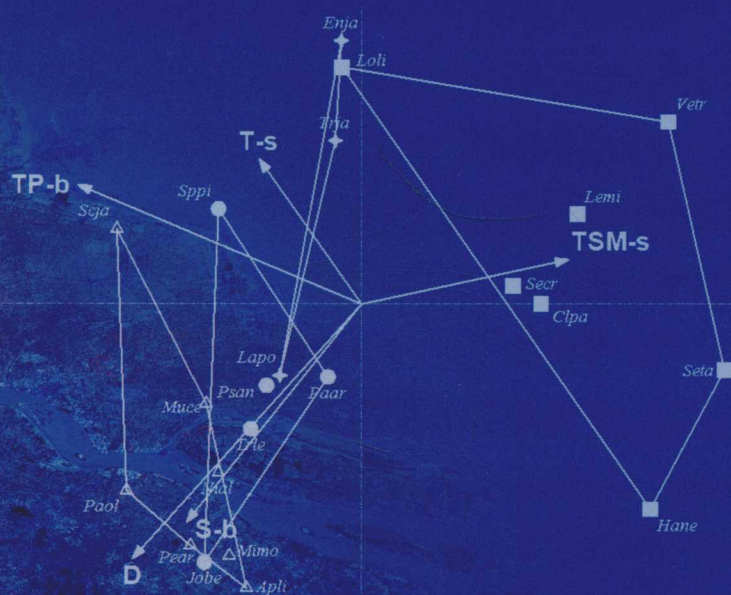


陆源输入变化对 长江口渔业资源影响研究

LUYUAN SHURU BIANHUA DUI

CHANGJIANGKOU YUYE ZIYUAN YINGXIANG YANJIU

线薇薇 著



海洋出版社

陆源输入变化对长江口 渔业资源影响研究

线薇薇 著

海洋出版社

2018年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

陆源输入变化对长江口渔业资源影响研究/线薇薇著. —北京: 海洋出版社,
2017. 12

ISBN 978-7-5210-0019-1

I. ①陆… II. ①线… III. ①长江口-海域-淡水-影响-水产资源-研究
IV. ①S937.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 331393 号

责任编辑: 杨传霞 林峰竹

责任印制: 赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编: 100081

北京朝阳印刷厂有限责任公司印刷 新华书店总经销

2018 年 12 月第 1 版 2018 年 12 月第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 10.75

字数: 239 千字 定价: 58.00 元

发行部: 62132549 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

前 言

长江口地处我国东南沿海，太平洋西岸。长江口是中国最大的河口，自古以来便是城市密布、人才荟萃、商旅繁荣之地。改革开放以后特别是上海浦东开发开放以来，长江三角洲地区形成了以上海为龙头的城市群，汇集了先进制造业和现代服务业等优势产业，发展成为我国综合实力最强的区域，在流域乃至全国经济社会发展中具有重要的战略地位和显著的带动作用。

长江口水域是海洋生态系统研究热点区域。长江口及其邻近海域，内接长江，外连东海，既位于暖温性的黄海生态系统与暖水性的东海生态系统的交接处，又处于有大量的淡水和陆源物质注入的河口区，环境因子复杂多变，生态系统结构脆弱且敏感。经过长期历史的演变和发展，长江口形成了一个功能独特的生态系统。长江口生态系统的复杂性和生物的多样性，注定了长江口水域在海洋生态系统研究中的重要地位。

长江流域的巨量来沙，除少部分由北港输出的泥沙进入北支外，随落潮流输出口外的泥沙由于台湾暖流的阻挡，大量沉积在河口区内；少数摆脱河口束缚的悬浮泥沙，在浙闽沿岸流的作用下继续向南输运，形成闽浙沿岸以细颗粒物为主的泥质带。沉积在河口泥质区内的泥沙做短暂的停留以后，一部分随涨潮流重新进入长江口门区域，维持河口区域的高含沙量，一部分进入杭州湾内，剩余的部分在泥质区沉积并参与造床，形成一个河口的泥沙环流过程。长江口就是在这种泥沙环流作用下不断向陆架扩展和延伸，塑造了广阔的水下三角洲。

长江是世界第三大河，大量营养物质输入河口，使长江口成为黄东海最重要的陆源营养物质的汇与源。流域源源不断输送的大量营养物质，使长江口及其邻近海域成为我国渔业生产力最高的水域。长江口区是我国最大的河口渔场，开发历史悠久，生物资源丰富。长江口渔场包括长江下游上海江段至余山以东的广大水域，其水域环境特点是处于沿岸水和长江冲淡水为主的低盐水系和外海高盐水系的混合区。由于水浅，地形复杂，造成潮流湍急，该水域成为大黄鱼、小黄鱼、带鱼和银鲳等经济种类的重要产卵场和育幼场；长江口区也是银鲳、刀鲚、凤鲚、带鱼、石首鱼类以及鲐、鲹等中上层鱼类的重要索饵场，又是名贵鱼类鲥、松江鲈、中华鲟溯河或降海洄游的必

经水道。长江口渔场北接吕泗渔场，南临著名的舟山渔场，其生物生产对我国近海渔业资源发展具有举足轻重的影响。

长江口水域在国民经济发展、近海生物资源生产和海洋生态科学研究中均占据重要战略地位。二十年来，在国务院三峡工程建设委员会支持下，完成了长江口及其邻近海域监测工作，获得了长江口生态和环境综合调查数据；在国家基金委面上基金项目“陆源输入对长江口近海渔业资源影响机制研究”资助下，研究团队开展了长江口生态系统长期变化和陆源输入关系研究。为进一步系统总结自 20 世纪 80 年代以来长江口生态环境演变特征，特撰写本书以飨读者。由于时间和能力有限，多有不妥之处，敬请批评指正。

线薇微

2017 年春 于中国科学院海洋研究所汇泉湾畔

目 录

1 长江口水域生态环境特征	(1)
1.1 流域概况	(1)
1.2 长江河口环境现状	(2)
1.3 三峡水利枢纽工程建设	(5)
1.4 三峡工程建设对河口影响预测	(9)
2 研究对象与方法	(11)
2.1 调查区域与调查方法	(11)
2.2 数据分析方法	(12)
3 长江入海径流	(14)
3.1 长江入海径流年际变化	(14)
3.2 三峡工程蓄水前后长江入海径流年内分配变化特征	(15)
3.3 影响因素	(20)
3.4 与原预测的对比	(21)
3.5 小结	(23)
4 长江入海泥沙的影响调查	(24)
4.1 长江入海泥沙长期变化	(24)
4.2 三峡工程蓄水前后长江入海泥沙年内分配变化特征	(25)
4.3 影响因素	(25)
4.4 与原预测的对比	(27)
4.5 小结	(28)
5 长江口物理环境	(30)
5.1 长期变化特征	(30)
5.2 三峡工程蓄水前后变化特征	(36)
5.3 影响因素	(36)
5.4 与原预测的对比	(37)
5.5 小结	(38)
6 长江口水化学环境	(40)
6.1 长期变化特征	(40)
6.2 三峡工程蓄水前后变化特征	(41)
6.3 影响因素	(41)
6.4 与原预测的对比	(45)
6.5 小结	(46)

7 长江口沉积环境	(47)
7.1 长期变化特征	(47)
7.2 三峡工程蓄水前后变化特征	(48)
7.3 影响因素	(48)
7.4 与原预测的对比	(51)
7.5 小结	(54)
8 初级生产	(55)
8.1 长期变化特征	(55)
8.2 三峡工程蓄水前后变化特征	(57)
8.3 影响因素	(58)
8.4 与原预测的对比	(59)
8.5 小结	(59)
9 鱼类浮游生物	(60)
9.1 春季长江口鱼类浮游生物群落特征	(60)
9.2 秋季长江口鱼类浮游生物群落特征	(65)
9.3 三峡水库蓄水前后春季群落结构变化	(72)
9.4 三峡水库蓄水前后秋季群落结构变化	(75)
9.5 影响因素	(78)
9.6 与原预测的对比	(85)
9.7 小结	(85)
10 无脊椎动物资源	(88)
10.1 春季无脊椎动物群落特征	(88)
10.2 秋季无脊椎动物群落特征	(98)
10.3 三峡水库蓄水前后春季群落结构变化	(107)
10.4 三峡水库蓄水前后秋季群落结构变化	(110)
10.5 春季环境影响因素	(114)
10.6 秋季环境影响因素	(122)
10.7 与原预测的对比	(127)
10.8 小结	(129)
11 鱼类资源	(131)
11.1 春季长江口鱼类生物群落特征	(131)
11.2 秋季长江口鱼类群落特征	(138)
11.3 三峡水库蓄水前后长江口鱼类群落结构变化	(146)
11.4 环境变化对长江口鱼类生物群落结构的影响	(150)
11.5 与原预测的对比	(153)
11.6 小结	(157)
12 结论	(160)
参考文献	(162)

1 长江口水域生态环境特征

河口位于河流和海洋的交汇处，河口生态系统受岩石圈、水圈、生物圈和大气圈的共同作用，物理、化学、生物和地质各种过程耦合多变，演变机制复杂。河口是高度动态的，其物理和化学特征在数小时至数年的时间尺度上都会发生变化。一直以来，河口以其复杂性、多变性及重要性吸引了众多海洋研究者的目光，他们从生态系统不同层面探讨了其时空演变机制。

1.1 流域概况

长江发源于青藏高原唐古拉山北麓，各拉丹东雪山群的西南侧。流域位置约为 $24^{\circ}27' - 35^{\circ}54'N$ ， $90^{\circ}33' - 122^{\circ}19'E$ ，流域形状呈东西长、南北短的狭长形。流域北以秦岭山脉，东北以伏牛山、桐柏山、大别山与黄河流域及淮河流域为界，南以南岭山脉、黔中高原、大庾岭、武夷山、天目山等与珠江流域及闽浙水系流域为界。江源为沱沱河，干流流经青海、西藏、云南、四川、重庆、湖北、湖南、江西、安徽、江苏、上海等11省、市、区，在上海汇入东海。

长江是世界第三大河，干流全长约6 300 km，流域面积约为 $180 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。江源以下，先与发源于唐古拉山东段、霞舍日阿巴山东麓的南支当曲汇合后为木鲁乌苏河，再与发源于可可西里山、黑积山南麓的北支楚玛尔河相汇后称通天河。进入青海省玉树直门达后称金沙江，流经川、藏、滇边境，全长2 308 km。进入四川宜宾与岷江汇合后始称长江。

长江在四川盆地向东流，顺次接纳北岸的沱江、嘉陵江和南岸的乌江等，自奉节白帝城至南津关约200 km河段，为著名的长江三峡，两岸峰峦叠嶂，峡谷深邃，水流湍急。自宜宾至宜昌干流又名川江，长1 045 km。三峡工程坝址宜昌以上为长江上游，河道全长4 500 km，控制流域面积约 $100 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，约占全流域面积的55%以上。

近年来，长江流域的人类活动带来河口陆源输入变化。流域用水量不断增加和流域实施的各种引水工程以及跨流域调水工程，对长江口入海径流量皆有显著影响。据统计，2006年长江流域水库数目约4.6万座，总库容量达 $2 307 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，这些水库中最大的当属三峡工程。2009年三峡工程竣工，最高水位库容为 $393 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，上游大量泥沙滞留在水库中，造成下泄泥沙含量的减少。同时，长江上游水利水电工程建设、上游水土保持和河道采沙造成长江入海泥沙的进一步下降。

1.2 长江河口环境现状

1.2.1 长江入海径流和泥沙

长江水量丰沛,入海径流具有明显的季节性变化。5—10月为丰水期,其中7月最盛。此时径流在河口海区形成大范围的长江冲淡水,有的年份甚至可以到达济州岛;枯水期为1—4月,以1月流量最小,冲淡水退缩到近岸很窄的狭带内。根据1953—2002年大通水文站资料统计,长江年径流总量为 $9\,240\times 10^8\text{ m}^3/\text{a}$,多年平均流量为 $29\,300\text{ m}^3/\text{s}$,最大洪峰流量为 $92\,600\text{ m}^3/\text{s}$ (1954年8月),最小枯水流量为 $4\,620\text{ m}^3/\text{s}$ (1979年1月),两者之比约为20:1,最大年平均流量为 $43\,100\text{ m}^3/\text{s}$,最小年平均流量为 $21\,400\text{ m}^3/\text{s}$ 。

长江河口的泥沙主要来自上游,据大通站1953—2005年实测资料统计,多年平均含沙量 0.48 kg/m^3 ,多年平均输沙量 $4.14\times 10^8\text{ t}$ 。历年最大年平均含沙量为 0.70 kg/m^3 (1963年),最小年平均含沙量 0.28 kg/m^3 (1994年)。年最大输沙量 $6.78\times 10^8\text{ t}$ (1964年),年最小输沙量 $2.39\times 10^8\text{ t}$ (1994年)。由于长江的输沙量与降水和径流有直接关系,输沙量年内分配不均,输沙量的年际年内变化特性与径流量的变化特性是相应的。7—9月输沙量占全年的58%,12月至翌年3月仅占4.2%;7月平均输沙率达 39.6 t/s ,1月仅 1.14 t/s 。

长江每年向东海输入 $4.14\times 10^8\text{ t}$ (1952—2005年)的泥沙,除少部分由北港输出的泥沙进入北支外,随落潮流输出口外的泥沙由于台湾暖流的阻挡,无法进一步向东扩散进入陆架区,在科氏力的作用下向东南方向输运,局地沉寂的泥沙量很少;同时在落潮过程中受杭州湾强劲的落潮流影响,阻碍泥沙继续向南输运,因而悬浮泥沙在南槽口外泥质区发生滞留,大量沉积在泥质区内,泥质区实际为长江河口泥沙向外输运的“中转站”;少数摆脱河口束缚的悬浮泥沙,在浙闽沿岸流的作用下继续向南输运,形成闽浙沿岸以细颗粒物质为主的泥质带。沉积在泥质区内的泥沙作短暂的停留以后,一部分随涨潮流重新进入长江河口拦门沙区域,维持河口拦门沙区域的高含沙量,一部分进入杭州湾内,剩余的部分在泥质区沉积并参与造床,形成一个河口的泥沙环流过程。长江河口就是在这种泥沙环流作用下不断向陆架扩展和延伸,塑造了广阔的水下三角洲。

长江入海泥沙向南输运具有明显的季节性,一般来说,枯季向南输运的量较多,洪季输运的量较少,而且拦门沙及水下三角洲区域存在“洪淤枯冲”的特性。在洪季,苏北沿岸流减弱,台湾暖流的势力较强,苏北沿岸流与台湾暖流在苏北启东嘴外汇合向东北扩散,最远可到韩国济州岛附近海域,苏北沿岸流对长江河口附近海域的影响有限。因此,长江入海悬浮泥沙洪季主要沉积在拦门沙海域及其水下三角洲前缘,参与造床,在地貌上表现为“洪季淤积”的特征。

1.2.2 长江口环境

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,而是具有其独特性。

分布在近海的不同水团的消长和相互作用,是影响和制约种群行动的重要环境因素。影响长江河口附近海域的水团主要有沿岸低盐水团和台湾暖流水团。沿岸低盐水团以长江冲淡水为主,具低盐特征,盐度等值线终年在 30 以下,它的消长受长江径流的大小所制约。长江水量丰沛,入海径流具有明显的季节性变化。5—10 月为丰水期,其中 7 月最盛。此时径流在河口海区形成大范围的长江冲淡水,有的年份甚至可以到达济州岛;枯水期为 1—4 月,以 1 月流量最小,冲淡水退缩到近岸很窄的狭带内。台湾暖流水具有高盐、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、底层水的盐度值具有相当大的差异,形成一个高梯度的混合区。

由于长江河口大陆架宽,浅水区范围大,强大的潮汐流与长江冲淡水及各种外来流系混合,使得悬浮物质在河口不能立即沉积,大量泥沙使近河口处透明度降低,限制浮游生物生长繁殖,高生物量和高初级生产力主要分布在远离河口的冲淡水和外海海流交汇的水域,营养盐也主要在那里被浮游植物利用。底质以黏土质软泥、细砂粉为主,水深一般在 60 m 以内,温度、盐度变化大。长江河口及邻近海域水质肥沃,营养盐类和饵料生物基础丰富,是初级生产力较高的水域。

1.2.3 长江口渔业资源

长江河口冲淡水和邻近海域各海水系混合,此处饵料丰富,为多种鱼类和无脊椎动物提供了适宜生境。许多鱼类和经济无脊椎动物在该水域范围内生殖、育肥、索饵,形成春、夏、秋渔汛,如带鱼、大黄鱼、小黄鱼、银鲳、鲐、鲹类和三疣梭子蟹、曼氏无针乌贼等经济种类,孕育了舟山渔场、嵊泗渔场和吕泗渔场,成为高多样性的群落交错区和高生产力的生态系统。该水域是某些洄游性鱼类的必经之路,如降海性鱼类鳊鲰、松江鲈、甲壳类的中华绒螯蟹,溯河性鱼类刀鲚、鲥鱼和中华鲟等。这些鱼类在它们不同的生命时期要经历两种完全不同的生态环境。长江河口及其近海以其特有的环境条件孕育的渔业资源生物群落,在生态系统服务方面,维持着当地的渔业经济;在保护生态学方面,提供了高异质性的河口-近海生境,支撑了较高的生物多样性。

带鱼 (*Trichiurus japonicus*) 属鲈形目 (Perciformes) 带鱼科 (Trichiuridae), 杂食性, 为中上层暖水海洋性鱼类。带鱼是长江口鱼类中研究得最充分的种类之一。相关研究主要着眼于其生物学、生态学和资源状况。在生物学方面, 韦晟 (1980) 研究了黄海带鱼的食性, 分析其食物结构, 发现其主食鱼类, 其次捕食甲壳类; 食物组成随海区而变化, 季节变化不明显; 摄食行为强度随其垂直移动表现出昼夜节律。近年来学者对带鱼食物组成的研究结果与韦晟 (1980) 相似, 但在其后的研究中发现东海带鱼的食物组成存在季节差异, 且相对历史资料发生了较大变化, 但捕食强度的季节差异则不明显。

七星底灯鱼 (*Benthosema pterotum*) 属灯笼鱼目 (Mycetophiformes) 灯笼鱼科 (Mycetophidae), 浮游生物食性, 为中上层暖水海洋性鱼类。该鱼类在我国分布于南海和东海沿岸, 为长江口海域常见种; 渔获量相对不大, 但属多种鱼类的饵料。

细条天竺鱼 (*Apogonichthys lineatus*) 属鲈形目 (Perciformes) 天竺鲷科 (Apogonidae), 底栖生物食性, 为底层暖温广盐性鱼类。这种次要经济鱼类产量不大, 但在长江口常见, 是多种经济鱼类的摄食对象, 构成食物链的重要环节。

鳀 (*Engraulis japonicus*) 与赤鼻棱鳀 (*Thrissa kammalensis*) 同属鲱形目 (Clupeiformes) 鳀科 (Engraulidae), 均为浮游生物食性, 鳀为中上层暖温海洋性鱼类, 赤鼻棱鳀为中上层暖水海洋性鱼类。鳀在我国辽宁至台湾海域均有分布, 在长江口海域常见。赤鼻棱鳀在我国则主要产于南海和东海。

刀鲚 (*Coilia ectenes*) 与凤鲚 (*Coilia mystus*) 亦同属鲱形目 (Clupeiformes) 鳀科 (Engraulidae)。刀鲚为浮游生物和游泳生物食性, 凤鲚为浮游生物食性。刀鲚为中上层暖温溯河洄游鱼类, 凤鲚为中上层暖温半咸水鱼类。刀鲚在我国主要见于黄渤海和东海, 南海较少见。凤鲚主要分布于东海和南海。

黄鲫 (*Setipinna taty*) 属鲱形目 (Clupeiformes) 鳀科 (Engraulidae), 浮游生物食性, 为中上层暖水广盐性鱼类。我国沿海均产, 长江口邻近海域外海侧有分布, 是东海区春冬季海洋渔业的主要兼捕对象。

龙头鱼 (*Harpodon nehereus*) 属灯笼鱼目 (Myctophiformes) 龙头鱼科 (Harpodontidae), 游泳生物食性, 为中上层暖水广盐性鱼类。龙头鱼在我国分布于黄海南部、东海和南海河口海域, 是长江口常见种类, 近年来渔获量有所增加, 在东海和南海渔业中占有一定地位, 是东海、黄海冬季底层鱼类群落中重要常见种之一。

银鲳 (*Pampus argenteus*) 属鲈形目 (Perciformes) 鲳科 (Stromateidae), 浮游生物食性, 为中上层暖温广盐性鱼类。该种为该种属长江口海域常见鱼类, 自 20 世纪 80 年代以来在渔捞对象中的地位日趋上升。

小黄鱼 (*Pseudosciaena polyactis*) 属鲈形目 (Perciformes) 石首鱼科 (Sciaenidae), 杂食性, 为底层暖温海洋性鱼类。在我国海域见于黄渤海和东海, 在长江口海域常见。曾为四大海产经济鱼类之一, 自 20 世纪 60 年代后产量逐渐下降, 90 年代后虽有回升, 但资源状况依然严峻。

皮氏叫姑鱼 (*Johnius belengeri*) 属鲈形目 (Perciformes) 石首鱼科 (Sciaenidae), 底栖生物食性, 底层暖温广盐性鱼类。该种为小型食用鱼, 在我国沿海均有分布, 是长江口常见种类, 定置网和拖网等作业兼捕对象。

三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*) 属十足目 (Decapoda) 梭子蟹科 (Portunidae), 是长江口乃至东海区最重要的一种经济蟹类, 也是传统捕捞对象之一。三疣梭子蟹属于广温广盐性的种类, 最适温度为 15.5~26℃, 最适盐度为 20~35。常栖息于 10~50 m 的泥沙质海底, 白天隐藏在海底, 夜间觅食并有明显的趋光性, 有昼夜垂直移动的习惯。三疣梭子蟹以肉食性为主, 摄食小型鱼类、蛇尾类以及小型虾蟹; 其生长和繁殖时期随季节性温度的变化而有所改变, 其摄食量有明显的季节变化。长江口及其邻近海域的三疣梭子蟹没有像黄渤海的梭子蟹那样存在明显越冬洄游的特点, 基本上是长江口海域的常年定居种。

葛氏长臂虾 (*Palaemon gravieri*) 属十足目 (Decapoda) 长臂虾科 (Palaemonidae),

是中国和朝鲜近海的特有种类,是长江口近海重要的捕捞对象之一,虽个体不大,却肉质坚实、味道鲜美,是人们喜食的品种。葛氏长臂虾属广温广盐性的种类,栖息于温度为 8~25℃、盐度为 25~34 的高低盐水交汇混合的水域和沿岸水域。在东海海域,主要分布水深为 30~60 m,春季在长江口近海水域密度较大;秋季、冬季向外海深水区索饵和越冬。

鹰爪虾 (*Trachypenaeus curvirostris*) 属十足目 (Decapoda) 对虾科 (Penaeidae),是东海近海和北部海域的重要捕捞对象之一。鹰爪虾属广温广盐性的种类,但对盐度的适应范围相对较窄,主要分布在温度 10~25℃、盐度 33~34 的海域,在深度低于 30 m 的近岸海域因盐度较低未有分布。春季,鹰爪虾从外海越冬海域逐渐向近海聚集产卵,长江口近海数量相对较多;秋季,鹰爪虾在东海北部和东北部密集程度较高,长江口近海数量相对较少。

日本枪乌贼 (*Loligo japonica*) 属枪形目 (Enoploteuthidae) 枪乌贼科 (Loliginidae),近 10 年来成为长江口海域的优势种。董正之在 20 世纪 70 年代提出日本枪乌贼在我国仅分布在黄海、渤海海区,严隽箕发现日本枪乌贼主要分布于黄海中北部,但是关于日本枪乌贼的渔获量和分布尚未见专门研究。关于长江口海域日本枪乌贼的渔获量、分布以及生物学特性等更是少见报道。邱显寅研究黄海日本枪乌贼生物学特性时发现黄海的日本枪乌贼有洄游的特性,为黄海的地方种群,冬季在黄海中部深水海域越冬,春季在近岸 20 m 以浅的海域进行产卵、索饵,秋季在整个黄渤海海区都有分布。

剑尖枪乌贼 (*Loligo edulis*) 属枪形目 (Enoploteuthidae) 枪乌贼科 (Loliginidae),其在东海海区种群数量较大,占有重要的地位。剑尖枪乌贼属广温广盐性的种类,最适温度为 12~17℃,最适盐度为 32~34.7。长江口海域的枪乌贼类在春季 (5 月) 出现频率较高,总捕获量也较高;群体结构简单,春季 (4—5 月) 主要为产卵繁殖的亲体,夏季、秋季 (8—9 月) 主要为当年新生的幼体。

1.3 三峡水利枢纽工程建设

1950 年,水利部长江水利委员会成立,开始对长江流域进行系统的规划工作。

1953 年,毛泽东主席再次提出了修建三峡水库的设想,随后写下了“高峡出平湖”的宏伟诗句。由于当时政治、经济水平以及建坝经验不足等多方原因,未开展深入研究。为建设三峡工程积累经验,1970 年国家领导人批示加快下游葛洲坝枢纽研究论证和建设,1980 年葛洲坝工程正式开工。

1954 年 12 月,中国政府聘请苏联专家协助进行长江流域综合利用规划和三峡工程设计。

1957 年,长江流域规划办公室完成了三峡工程不同正常蓄水位 (235 m、210 m、200 m) 和不同坝区 (三斗坪、南津关) 的枢纽布置的比较方案。

1978 年 4 月,全国科学大会将三峡工程作为重大技术问题,列入国家 1977 年至 1985 年科技发展规划。

1984年2月17日,国务院财经领导小组召开会议,会议同意三峡工程立即开始施工准备,争取1986年正式开工。

1984年4月5日,国务院批准“长江三峡工程可行性研究报告”。

1984年4月24日,国务院三峡工程筹备领导小组正式成立。

1986年6月19日,原水利电力部成立了三峡工程论证领导小组。该组首次会议将论证工作分为10个专题,设立14个专家组。随后对工程技术可行性和经济合理性等有关重要课题,进行了长达3年的全面论证工作,提出了14个专题论证报告,并经论证领导小组审议通过;论证最终推荐“一级开发、一次建成、分期蓄水、连续移民”,水库正常蓄水位为175 m高程的开发方案。

1987年4月,水利电力部三峡工程论证领导小组召开第四次扩大会议。通过讨论,同意坝顶高程185 m、正常蓄水位175 m、初期蓄水位156 m的“一级开发、一次建成、分期蓄水、连续移民”的方案,作为进一步深入论证的初选方案。

1989年2月底至3月初,水利电力部三峡工程论证领导小组召开第十次扩大会议。会议审议并原则通过了根据论证报告重新编写的“长江三峡水利枢纽可行性研究报告”(审议稿)。

1991年12月,中国科学院环境影响评价部和长江水资源保护科学研究所共同编制了“长江三峡水利枢纽环境影响报告书”。

1992年1月17日,国务院第95次常务会议讨论国务院三峡工程审查委员会对“长江三峡工程可行性研究报告”的审查意见,原则上同意建设三峡工程。

1992年2月20日至21日,中央政治局常务委员会第169次会议原则同意国务院对兴建三峡工程的意见,由全国人民代表大会审议。

1992年3月16日,国务院向全国人大七届五次会议提交了《国务院关于提请审议兴建长江三峡工程的议案》。

1992年4月3日,第七届全国人民代表大会第五次会议通过了《关于兴建长江三峡工程的决议》。

1992年12月,长江水利委员会编制了“长江三峡水利枢纽初步设计报告(枢纽工程)”。

1993年1月3日,国务院国发[1993]1号文件决定成立国务院三峡工程建设委员会,同时决定成立中国长江三峡工程开发总公司[简称三峡集团公司(原三峡总公司)]。

1993年7月26日,国务院在北京召开国务院三峡工程建设委员会第二次会议,审查批准了“长江三峡水利枢纽初步设计报告(枢纽工程)”,并以国务院三峡工程建设委员会文件国三峡委发办字[1993]1号文下达审定枢纽工程概算按1993年5月末价格控制在500.9亿元以内。批准长江三峡工程建设将采用“明渠通航,三期导流”的施工方案。1994年11月,国务院三峡工程建设委员会批准水库移民搬迁与安置的静态投资为400亿元。工程与移民两项投资合计,三峡工程静态总投资为900.9亿元(1993年5月末价格)。

1994 年以后,又分别编制了坝、电站厂房、永久船闸、垂直升船机(土建部分)、机电(含首端换流站)、二期上游横向围堰、建筑物安全监测、变动回水区航道及港口整治等八项单项工程技术设计报告,以及相关的招标设计、施工详图设计等,对可行性研究阶段进行了进一步的优化、细化和补充。

1994 年 12 月 14 日,国务院总理、国务院三峡工程建设委员会主任李鹏宣布三峡工程开工。

1) 枢纽工程特点

工程规模:一等工程。水库正常蓄水位 175 m,汛限水位 145 m,死水位 145 m。相应于正常蓄水位,水库全长 663 km,水面平均宽度 1.1 km,总面积 1 084 km²,总库容 393×10⁸ m³,其中防洪库容 221.5×10⁸ m³,调节性能为季调节。

三峡水电站共安装 32 台 700 MW 水轮发电机组,其中左岸 14 台,右岸 12 台,地下 6 台,另外还有 2 台 50 MW 的电源机组,总装机容量 22 500 MW。

开发任务:防洪、发电、航运及水资源利用。

三峡工程采用分三期导流,枢纽建筑物分三阶段的施工方式。

第一阶段工程施工期 1993—1997 年。沿中堡岛左侧修建第一期土石围堰,左侧主河床过流和通航,在围堰保护下开挖明渠,修建混凝土纵向围堰和三期上游碾压混凝土围堰位于明渠断面以下的基础开挖及混凝土浇筑;同时在左岸修建临时船闸,并开始施工永久船闸及升机挡水部位的土建工程和右岸非溢流坝。

第二阶段工程施工期 1998—2003 年。进行主河床截流,长江水改道从明渠宣泄。修建上、下游横向土石围堰,与混凝土纵向围堰共形成二期基坑,在基坑内修建大坝泄洪坝段和左岸厂房坝段及电站厂房;继续施工升船机挡水部位(上闸首),并完建永久船闸。船舶从明渠和左岸临时船闸通行。2002 年 12 月明渠截流,2003 年汛前在导流明渠内建成三期碾压混凝土围堰,水库相应蓄水至 135 m 高程,左岸首批机组发电,永久船闸通航。

第三阶段工程施工期 2004—2009 年。封堵导流明渠,拆除二期上下游横向土石围堰(拆除高程上游为 62 m,下游为 50 m),长江水改由大坝泄洪坝段内的导流底孔和泄洪深孔宣泄。先施工三期上、下游土石围堰,在其保护下修建三期碾压混凝土围堰和三期下游土石围堰,与混凝土纵向围堰共同形成三期基坑,在基坑内修建右岸厂房坝段、电站厂房及非溢流坝等主体工程,2009 年工程全部完建。

三峡大坝坝顶高程 185 m,正常蓄水位 175 m,防洪限制水位 145 m,枯水季消落低水位 155 m。水库的调度原则是:水库运用要兼顾防洪、发电、航运和排沙的要求,协调好除害与兴利、兴利各部门之间的关系,以发挥工程最大综合效益;汛期以防洪、排沙为主。

每年的 5 月末至 6 月初,为腾出防洪库容,坝前水位降至汛期防洪限制水位 145 m。汛期 6 月至 9 月,水库维持此低水位运行,水库下泄流量与天然情况相同。在遇大洪水时,根据下游防洪需要,水库拦洪蓄水,库水位抬高,洪峰过后,仍降至 145 m 运行。汛末 10 月,水库充水,下泄量有所减少,水位逐步升高至 175 m,只有在枯水年份,

这一蓄水过程延续到 11 月。12 月至翌年 4 月, 水电站按电网调峰要求运行, 水库尽量维持在较高水位。1 月至 4 月, 当入库流量低于电站保证出力对流量的要求时, 动用调节库容, 此时出库流量大于入库流量, 库水位逐渐降低, 但 4 月末以前水位最低高程不低于 155 m, 以保证发电水头和上游航道必要的航深。每年 5 月开始进一步降低库水位。

按照上述运行方式, 三峡水库汛末蓄水期间 (10 月初), 由于蓄水量较大 (水位从 145 m 提升至 175 m), 且汛后长江上游天然来水量有所下降, 水库下泄流量一般比天然流量减少较多; 但汛前预泄期 (枯水季 5—6 月) 下泄量比天然情况有所改善。三峡水库调度运行方式如图 1.1 所示。

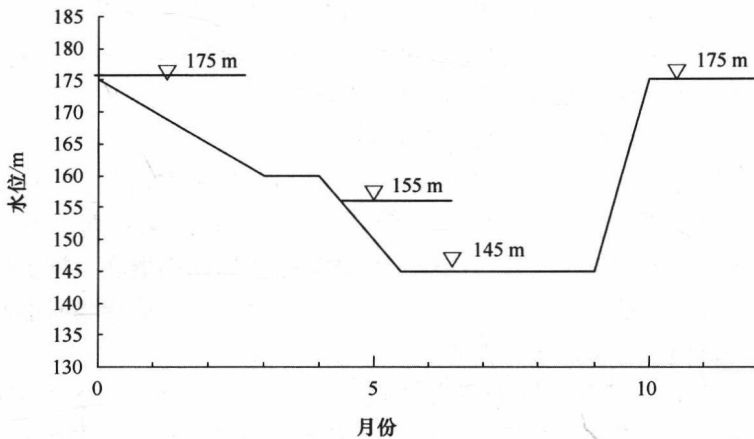


图 1.1 三峡水库调度运行方式

2) 试运行水库运行方式

2003 年 6 月, 三峡水库蓄水至 135 m, 进入围堰发电期。同年 11 月, 水库蓄水至 139 m。围堰发电期的运行水位为 135 m (汛限水位) 至 139 m (围堰挡水期汛末蓄水位)。

2006 年 10 月, 三峡水库蓄水至 156 m, 较初步设计提前一年进入初期运行期。初期运行期运行水位为 144 m (汛限水位) 至 156 m (初期蓄水位)。

2008 年汛后, 三峡水库开始 175 m 试验性蓄水, 进入 175 m 试验蓄水期。试验蓄水期运行水位为 145 (汛限水位) 至 175 m (正常蓄水位)。

2012 年, 根据之前蓄水至 175 m 的经验, 并结合上游向家坝等水库 10 月蓄水约 $35 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的新情况, 将 10 月蓄水任务合理调整一部分至 9 月完成。水库从 9 月 10 日开始蓄水, 9 月上、中旬对两场洪水过程进行了拦蓄, 9 月 10 日库水位为 158.92 m, 9 月 30 日库水位达到 169.4 m, 10 月 30 日第三次蓄水至 175 m。

除正常年份消落期向下游正常补水外, 遇特枯年份, 三峡水库还可以加大下泄流量, 发挥抗旱功能。2011 年汛前, 长江中下游部分地区遭遇了百年一遇的大面积干旱, 三峡库水位在已经接近枯季消落水位 155 m 且入库流量持续偏小的情况下, 以满足生

态、航运、电网供电为目标,调整运行方式为应急抗旱调度方式。当年5月7日10时,三峡水库开始加大下泄流量,库水位从155.35 m下降至6月10日24时的145.82 m,抗旱补水总量 $54.7 \times 10^8 \text{ m}^3$,日均向下游补水 $1\,500 \text{ m}^3/\text{s}$,有效改善了中下游生活、生产、生态用水和通航条件,为缓解特大旱情发挥了重要作用。

1.4 三峡工程建设对河口影响预测

陆源输入对于河口生物资源有着重要的生态学作用,三峡工程的建设对长江入海物质输送带来一定程度影响,从而影响河口生态和环境,20世纪80年代,根据长江口及其邻近海域周年调查数据,针对三峡工程建设对河口生态环境可能带来的影响进行了预测。

1.4.1 对河口径流的影响

建库后根据水库正常蓄水位175 m方案运行而言,全年入海总径流量不变,但年内分配有所变化:枯、平、丰水三种典型年与天然情况相比,大通站10月流量分别减少32.4% ($5\,451 \text{ m}^3/\text{s}$)、20.3% ($8\,417 \text{ m}^3/\text{s}$)、16.9% ($8\,417 \text{ m}^3/\text{s}$);1—3月平均流量分别增加17.8% ($1\,065 \text{ m}^3/\text{s}$)、15.7% ($1\,588 \text{ m}^3/\text{s}$)、10.6% ($1\,471 \text{ m}^3/\text{s}$)。

1.4.2 对河口泥沙和侵蚀堆积过程的影响

建库后前50年,大通站年平均悬沙输移量比建库前减少23.4%,即 $1.14 \times 10^8 \text{ t}$ 。上游来沙量的减少以及水量年内分配的调整,会使河口和三角洲岸滩的侵蚀、堆积作用发生相应的变化。不利的是某些淤积岸段的淤涨速度将减缓,某些冲刷岸段的冲刷作用会加强,将减缓河口地区特别是上海市围海造地的速度;航道拦门沙的滩顶和内侧在1—3月有9~19 cm的淤积。有利的是对增加河口河槽的稳定性有利,航道拦门沙在10月和拦门沙外侧在1—3月将有10 cm左右的刷深。

1.4.3 对口外海滨及近海生态环境的影响

三峡工程建成后,改变河口的径流,将引起河口及近海生态环境的一系列变化。10月流量减少,将使本水域的水温、盐度略有升高,其中引水船处月平均盐度升高2.36%,冲淡水面积缩小 $2\,900 \text{ km}^2$,枯水年缩小面积更大,而营养盐类略有减少,海水的自净能力有所降低,海水中重金属浓度将有所增加,颗粒态重金属比例减少,但不会超标,分布格局基本不变;1—3月和5月由于流量增加,其结果将相反,水温、盐度略有降低,冲淡水面积将扩大,但变化幅度比10月小。10月蓄水,适宜于浮游生物繁殖生长的水域面积将减少,初级生产力降低,在一定程度上限制了饵料生物数量的发展;5月经流下泄量增加,正值水温升高,对提高初级生产力和浮游生物的繁殖增长有利,从全年看,浮游生物总量比建库前将略有减少,但影响不大。上游来沙大量减少后,口外主要沉积区的范围将缩小,而一些不能适应原来高沉积速率环境的底栖生物将

进入该水域定居，原高速沉积区底栖生物的群落多样性将提高，这有利于底栖生物数量的发展。

1.4.4 对河口及近海渔业资源的影响

长江河口及近海由于自然条件优越，饵料基础雄厚，物种多样，水产资源丰富，是我国重要的渔场。三峡枢纽工程的修建，将改变河口径流在年内的分配。这一环境条件的变化，将会引起河口生态系统结构与功能某种程度的变化，也会影响到该水域的渔业资源。径流的改变对河口及近海渔业资源的影响不尽相同。盐度变化，将使得中华绒螯蟹产卵场（渔场）有所移动，可能导致蟹苗减产，同时对刀鲚和梅童鱼产生不利的影响，但对凤鲚、银鱼和鲢鱼等资源可能有利。流量的改变使河口及近海的温度、盐度和饵料生物分布发生一些变化，也会导致近海鱼类资源渔场位置改变；冬季流量增大，将使带鱼渔场偏外；10月蓄水使渔场内移，对群众渔业捕捞有利，可增产，但对该资源的补充和保护不利。建坝后将可能使近海虾、蟹增产，对提高东海带鱼资源指数和总资源指数也将有利。河口生态系统是一个复杂多变的系统，影响渔业资源的因子很多，由于建坝后流量变化不大，因此预计三峡工程对河口及近海渔业资源不会带来严重影响。

1.4.5 总体结论

三峡建坝后对河口的生态与环境将带来一定程度的影响，而这些影响有的是有利的，有的是不利的，有些是可逆的，也有的是不可逆的，对这个复杂而又敏感的水域，这种变化将是长期的、缓慢的，可能是潜在和累积的。由于目前资料的积累有限，难以明了该水域生物生产过程的内在规律及其与环境因子互相作用的机制。因此，需要对长江河口生态系统的结构与功能进行长期监测和更深入的研究。