

· 长江口水生生物资源与科学利用丛书 ·

长江口中华绒螯蟹 资源增殖技术



冯广朋 庄平 张涛 黄晓荣 等 编著



科学出版社

长江口水生生物资源与科学利用丛书

长江口中华绒螯蟹资源增殖技术

冯广朋 庄 平 张 涛 黄晓荣 等编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书根据笔者多年来研究工作成果资料撰写而成,阐述了长江口中华绒螯蟹的人工增殖技术。较为系统地介绍了长江口生态环境与资源、长江口中华绒螯蟹资源状况、中华绒螯蟹洄游亲蟹对盐度的响应、中华绒螯蟹放流亲蟹培育技术、长江口中华绒螯蟹亲蟹增殖放流技术、中华绒螯蟹增殖效果评估以及长江口中华绒螯蟹产卵场评估。书后附有中华绒螯蟹增殖放流照片。

本书可供科学研究者、大专院校师生、政府管理人员参考,亦可成为渔业捕捞、养殖生产等人员的读物。

图书在版编目(CIP)数据

- 长江口中华绒螯蟹资源增殖技术/冯广朋等编著.
—北京:科学出版社,2017.5
(长江口水生生物资源与科学利用丛书)
ISBN 978-7-03-050685-6
- I. ①长… II. ①冯… III. ①中华绒螯蟹—淡水养殖
IV. ①S966.16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 273164 号

责任编辑:许 健 谭宏宇
责任印制:谭宏宇 / 封面设计:殷 靓

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

南京展望文化发展有限公司排版

苏州越洋印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 5 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2017 年 5 月第一次印刷 印张: 15 3/4 插页: 2

字数: 241 000

定价: 90.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



冯广朋

1977年3月生。中国水产科学研究院东海水产研究所副研究员，博士。上海海洋大学硕士生导师。现任河口渔业实验室副主任，主要从事河口生态学与水产养殖研究工作，研究方向涉及保护生物学、生态修复、养殖品种开发等。先后主持课题12项，获上海市、农业部、国家海洋局、中国水产科学研究院等各类科技奖14项，其中主持完成的成果“长江口中华绒螯蟹增殖放流与效果评估研究”获2015年上海海洋科技进步奖特等奖。参编专著5部，第一作者发表论文40余篇，获发明专利10余项。

《长江口水生生物资源与科学利用丛书》

编写委员会

主 编 庄 平

副主编 陈立侨 徐 跑 张根玉

委 员 唐文乔 李家乐 王金秋 吉红九

楼 宝 刘鉴毅 张 涛 施永海

赵 峰 徐钢春 冯广朋 侯俊利

徐淑吟 禹 娜 詹 炜 罗武松

王 好(秘书)

作者名单

第一章：张 涛 杨 刚

第二章：王海华 冯广朋

第三章：冯广朋 赵 峰

第四章：黄晓荣 宋 超

第五章：冯广朋 王瑞芳

第六章：庄 平 刘鉴毅

第七章：冯广朋 耿 智

参加考察和实验室研究人员：

蒋金鹏 张航利 卢 俊 曹 侦

贾小燕 严 娟 黄孝峰 胡 艳

摄 影：庄 平 冯广朋

序 言

发展和保护有矛盾和统一的两个方面,在经历了数百年工业文明时代的今天,其矛盾似乎更加突出。当代人肩负着一个重大的历史责任,就是要在经济发展和资源环境保护之间寻找到平衡点。必须正确处理发展和保护之间的关系,牢固树立保护资源环境就是保护生产力、改善资源环境就是发展生产力的理念,使发展和保护相得益彰。从宏观来看,自然资源是有限的,如果不当地开发利用资源,就会透支未来,损害子孙后代的生存环境,破坏生产力和可持续发展。

长江口地处江海交汇处,气候温和、交通便利,是当今世界经济和社会发展最快、潜力巨大的区域之一。长江口水生生物资源十分丰富,孕育了著名的“五大渔汛”,出产了美味的“长江三鲜”,分布着“国宝”中华鲟和“四大淡水名鱼”之一的淞江鲈等名贵珍稀物种,还提供了鳗苗、蟹苗等优质苗种支撑我国特种水产养殖业的发展。长江口是我国重要的渔业资源宝库,水生生物多样性极具特色。

然而,近年来长江口水生生物资源和生态环境正面临着多重威胁:水生生物的重要栖息地遭到破坏;过度捕捞使天然渔业资源快速衰退;全流域的污染物汇集于长江口,造成水质严重污染;外来物种的入侵威胁本地种的生存;全球气候变化对河口区域影响明显。水可载舟,亦可覆舟,长江口生态环境警钟要不时敲响,否则生态环境恶化和资源衰退或将成为制约该区域可持续发展的关键因子。

在长江流域发展与保护这一终极命题上,“共抓大保护,不搞大开发”的思想给出了明确答案。长江口区域经济社会的发展,要从中华民族长远利益考虑,走生态优先、绿色发展之路。能否实现这一目标?长江口水生生物资源及

其生态环境的历史和现状是怎样的？未来将会怎样变化？如何做到长江口水生生物资源可持续利用？长江口能否为子孙后代继续发挥生态屏障的重要作用……这些都是大众十分关心的焦点问题。

针对这些问题,在国家公益性行业科研专项“长江口重要渔业资源养护与利用关键技术集成与示范(201203065)”以及其他国家和地方科研项目的支持下,中国水产科学研究院东海水产研究所、中国水产科学研究院淡水渔业研究中心、华东师范大学、上海海洋大学、复旦大学、上海市水产研究所、浙江省海洋水产研究所、江苏省海洋水产研究所等科研机构 and 高等院校的 100 余名科研人员团结协作,经过多年的潜心调查研究,力争能够给出一些答案。并将这些答案汇总成《长江口水生生物资源与科学利用丛书》,该丛书由 12 部专著组成,有些论述了长江口水生生物资源和生态环境的现状和发展趋势,有些描述了重要物种的生物学特性和保育措施,有些讨论了资源的可持续利用技术和策略。

衷心期待该丛书之中的科学资料和学术观点,能够在长江口生态环境保护 and 资源合理利用中发挥出应有的作用。期待与各界同仁共同努力,使长江口永葆生机活力。



2016 年 8 月 4 日于上海

前 言

长江是我国第一大河,世界第三大河,是中华文明的发祥地,是中华民族的母亲河之一。长江流域面积 180 万平方千米,被称为我国淡水渔业的摇篮,是我国重要的渔业产区,水产品产量占全国内陆水产品产量的 60% 以上,长江流域是国家重要的优质水产品产业带和农业产业结构调整的重点发展区域。长江流域已知有水生生物 1 100 多种,包括 370 多种鱼类、220 多种底栖动物和上百种水生植物,并栖息着多种名贵珍稀水生动物,长江流域的国家Ⅰ级重点保护水生野生动物数量在我国淡水Ⅰ级重点保护水生野生动物保护名录中占 2/3。长江是生物多样性的宝库,其优良的种质资源长期支撑着我国淡水养殖业的可持续发展,是我国成为世界第一水产养殖大国的重要物质基础。

长江口生境独特,水产资源丰富,长江口渔场亦曾是我国著名的渔场之一,孕育着冬蟹等五大渔汛。长江口浅滩广阔,是中华绒螯蟹得天独厚的产卵场,加之长江源远流长,中下游平原地区有众多的附属水体,这些水体中水草茂盛,饵料丰富,对于中华绒螯蟹生长育肥十分有利,由此形成了极具特色的长江水系中华绒螯蟹品系。长江水系中华绒螯蟹具有生长速度快、个体肥大、肉质细嫩、味道鲜美等优点。长江口丰富的蟹苗资源支撑着我国中华绒螯蟹养殖业的发展,目前全国中华绒螯蟹养殖年产量达 70 万吨以上,年产值 500 亿元。长江口产区的蟹苗年产量可达数千乃至数万千克。20 世纪 80 年代以前,长江口区蟹苗年产量曾经高达 67.9 吨,是我国最大的中华绒螯蟹产卵场。然而,至 20 世纪 80 年代末,由于生态环境的变化和过度捕捞,天然蟹苗量急剧下降,年产量仅有几百千克,2000 年以来已难以形成汛期。20 世纪 90 年代末期,中华绒螯蟹人工繁育技术的成熟,使人工蟹苗成为商品蟹生产所需苗种的主要来源。

但是由于长江口中华绒螯蟹天然蟹苗拥有众多优良养殖品质,使其仍然具有一定的市场需求,吸引了大量渔民对天然蟹苗进行高强度捕捞,导致长江口天然蟹苗资源锐减,种质衰退。

我国在水生生物资源增殖方面做了大量的工作,其发展历程主要分为以下几个阶段:① 1990 年以前,处于增殖放流的起步阶段,积累了一些实践经验,但相关科学研究几乎没有开展;② 1991~2003 年,处于增殖放流的小规模试验阶段,以 1995 年通过的《中国环境保护 21 世纪议程》和农业部 1995 年颁布的《长江渔业资源管理规定》为标志。在实行休渔期制度的同时,积极开展渔业资源增殖放流,有些省市逐步建立一批海洋与渔业资源保护区和渔业资源增殖放流区,开展了小规模的科研性增殖放流;③ 2004 年以后,处于增殖放流的规模化实施阶段,水生生物增殖放流得到了快速发展,每年放流的苗种数量与投入的资金快速增加,但相关科学研究仍然较少,增殖放流存在许多亟需解决的问题,暴露出这一新兴事业的科技支撑严重不足,导致出现了一些不符合科学规律的做法。

为了恢复长江中华绒螯蟹天然资源,长江沿岸省市采取了人工放流蟹苗和亲蟹等措施,特别是长江口地区持续开展亲蟹增殖放流,以期使天然蟹苗资源得到有效恢复。近年来在长江口每年放流中华绒螯蟹亲蟹达 20 万只,但因主客观因素的限制,基本上未开展大规模标志和效果评估,放流工作仍然存在一定的盲目性。中华绒螯蟹是我国特有种类,国外学者的研究工作甚少。国内许多学者在中华绒螯蟹的养殖生物学方面做了大量的研究工作,如种质遗传的差异性、人工繁殖技术、人工饲料技术、养殖模式等,但对中华绒螯蟹增殖放流技术及其效果评估相关研究较少。如何科学开展长江口中华绒螯蟹亲蟹增殖放流和效果评估、合理有效地恢复长江口中华绒螯蟹优质丰富的渔业资源,日益受到国家和社会的重视,成为当前亟待解决的重要科学问题。为了充分地研究渔业资源增殖理论与技术,为长江口地区的中华绒螯蟹增殖放流与效果评估提供科学依据,中国水产科学研究院东海水产研究所从 2004 年起承担了公益性行业(农业)科研专项、国家自然科学基金、国家科技基础条件平台、农业部农业财政专项、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项、上海市生态修复专项等课题,进行了长江口生态环境与渔业资源的系统监测,开展了大规模的中华绒螯蟹增殖放流活动,成效显著。通过整理相关科研成

果,完成了本书的编著。

由于写作时间较短,有些内容还有待进一步充实,限于作者的学识水平,书中难免存在一些错误和不足,诚望读者批评指正。

作者

2017年1月于上海

序言

前言

第 1 章 长江口生态环境与资源 1

- 1.1 水域环境 / 1
- 1.2 动植物资源 / 10
- 1.3 水生动物资源 / 19
- 1.4 长江口咸潮入侵及其对资源影响 / 28

第 2 章 长江口中华绒螯蟹资源 34

- 2.1 生物学 / 35
- 2.2 生活史 / 48
- 2.3 洄游 / 51
- 2.4 资源 / 53

第 3 章 中华绒螯蟹洄游亲蟹对盐度的响应 59

- 3.1 洄游亲蟹对盐度的行为响应 / 59
- 3.2 洄游亲蟹对盐度的生理响应 / 71

第 4 章 中华绒螯蟹放流亲蟹培育 99

- 4.1 幼体培育 / 99
- 4.2 扣蟹培育 / 112

4.3 成蟹养殖 / 115

4.4 亲蟹培育 / 122

第 5 章 长江口中华绒螯蟹亲蟹增殖放流 126

5.1 水生动物增殖放流策略 / 126

5.2 长江口亲蟹人工增殖放流 / 134

第 6 章 中华绒螯蟹增殖效果评估 151

6.1 生境适应性评估 / 151

6.2 洄游群体形态判别 / 163

6.3 中华绒螯蟹资源评估 / 175

第 7 章 长江口中华绒螯蟹产卵场评估 178

7.1 长江口中华绒螯蟹产卵场与环境因子相关性 / 179

7.2 中华绒螯蟹亲蟹超声波标志跟踪 / 193

7.3 长江口中华绒螯蟹苗种生态学 / 200

参考文献 223

第1章 长江口生态环境与资源

河口是江河的入海口,是指下游通向大海、上游延伸到潮汐所至河道段的宽广半开放沿岸水体。河口是江海相互作用的过渡地带,在这里河流的径流与海洋的潮汐交汇,海水被来自内陆河流的淡水所稀释。从潮汐作用的范围可将河口分为三部分,即通向大海的下游部分、海水与淡水高度混合的中游部分以及以淡水为主但潮汐所至界面的上游部分。河口是地球上生产力最高的生态系统,是海洋生物营养物质的重要来源地,也是最敏感和最重要的生物栖息地之一,许多广盐性的生物种类在这里完成部分或全部生活史。河口是许多水生动物重要的觅食、生殖和栖息场所。

1.1 水域环境

1.1.1 地理位置

长江口位于中国东南海岸带的中部,是太平洋西岸的第一大河口。长江河口区包括上游延伸到潮汐所至河道段(安徽大通)、下游通向东海的宽广半开放水体,全长约 700 km。

长江口可以分为三个区段:① 河流近口段。长江口枯季潮汐影响到安徽大通,称为潮区界。洪季潮流抵达江苏江阴,称为潮流界。从潮区界至潮流界之间全长约 400 km,为长江河口区的河流近口段。此段河水受潮汐的涨落影响,表现有一定潮差,河床内的水流表现是向海呈单一流向,在地貌上完全是河流形态。② 河口段。江阴至河口口门,全长 220 km,为长江河口区的河口段。此段径流与潮流相互作用,河床分汊多变,咸淡水直接交锋、混合和相互影响,潮流往复作用明显,是河口的核心部位。③ 口外海滨。口门至嵎泗列岛一带径流入海与海水混合的冲淡水范围为长江河口的口外海滨。此段潮流作用为主,

水下三角洲发育,水体底层由海洋盐水控制,表层为冲淡水所覆盖(图 1-1)。



图 1-1 长江口区段划分示意图

长江河口段自江苏徐六泾以下开始分汊,首先被崇明岛分隔为北支和南支,然后南支经长兴岛、横沙岛又被分隔为北港和南港,最后南港在口门附近被九段沙分隔为北槽和南槽,因此形成“三级分汊、四口入海”的格局(图 1-2)。从北面的江苏省启东市蓼角嘴到南面的上海市浦东新区南汇角之间形成了宽达 91 km 的长江出海口。



图 1-2 长江口分汊形势图

长江口受长江干流淡水径流与海洋咸水潮汐的交互影响,同时具有淡水、咸淡水和海水三种特性。陆海物质交汇、咸淡水混合、径流和潮汐相互作用,产生了各种复杂的物理、化学、生物和沉积过程,形成了长江口独特的自然条件和多样的生境,构成了复杂多变的水生动物栖息地、产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道等。长江口是我国水生生物多样性最丰富、渔产潜力最高的区域,水生动物资源极为丰富。

1.1.2 水质

长江为我国第一大河,也是水量最丰沛的河流,平均年径流量 $9\,793 \times 10^8 \text{ m}^3$,约占全国各河径流总量的 38%。长江河口多年平均流量 $91\,060 \text{ m}^3/\text{s}$,居世界第三位。长江流域及河口地区日益加剧的人类活动与气候变化,使得河口水域的生态环境,包括水文泥沙、河势演变、盐水入侵、水温等水环境演变规律都发生了一系列的显著变化。

长江口为咸淡水混合区域,盐度平面分布变化极大。夏季长江口内南支水道的盐度一般在 1 以下,北支水道盐度稍高。在长江口外佘山岛、鸡骨礁和大戢山附近形成三个低盐舌,长江冲淡水由长江口先向东南伸展,然后在 $122^\circ 30' \text{E}$ 左右转向东或东北,扩散到海区东部广大海域,形成本海区在夏季近表层低盐的特征,其影响可达到韩国的济州岛附近。但在水面 $10 \sim 12 \text{ m}$ 以下的水层,由于台湾暖流水和南黄海混合水组成的外海水将长江内陆水压制在口门处,盐度则达到 30 以上。受长江径流季节变化的影响,长江口盐度季节变化也很大,冬季盐度比夏季高。近年来由于长江口河势改变和沿江水利工程的综合作用,北支径流量逐年减少,潮流作用相应增强,使其成为涨潮流占优势的河道,在径流量小和潮差大时,盐水从北支倒灌至南支,盐水入侵加剧。

长江口年平均水温 $17.0 \sim 17.4^\circ \text{C}$,8 月水温最高,平均 28.9°C ,极端最高 33.1°C ;2 月水温最低,平均 5.6°C ,极端最低 2.0°C 。整个水域是一个梯度很小、基本均匀一致的温度场,冬季无冰冻。

长江口的含沙量分布受上游径流和潮汐往返运动,以及各河段地形、汉口分流、盐淡水混合等多种因素的作用,总体上悬沙浓度分布是西高东低,在

122°30'E 以东海域悬沙浓度显著降低,而向西在长江口拦门沙一带悬沙浓度较高。涨潮时悬沙浓度明显大于落潮时悬沙浓度。122°30'~123°00'E 是长江悬沙向东扩散的一条重要界限,它大致与长江水下三角洲外缘相吻合。长江口悬沙属细颗粒范畴,悬沙颗粒组成主要在 0.001~0.050 mm。入海泥沙主要向东偏南扩散,并成为杭州湾和浙江沿海细颗粒泥沙的重要来源之一。

强大的长江径流不断向河口输送大量营养物质,为生物资源提供了丰富的生源要素,每年输送无机氮(ΣN) 88.81×10^8 t,磷酸盐(PO_4-P) 1.36×10^4 t,硅酸盐(SiO_3-Si) 204.44×10^4 t,硝酸盐(NO_3-N) 63.57×10^4 t。这一水域是我国近海初级生产力和浮游生物最丰富的水域,为各种经济鱼类及其幼鱼的生长提供了丰富的饵料基础。

营养盐的表层分布趋势是河口高、由河口向外海方向逐渐降低,表层分布在时间上的差异与长江径流量的大小和外海水团影响有很大关系。在丰水期 8 月,长江冲淡水主流转向东北,多种营养盐等值线亦从长江口呈舌状向东北方向延伸,与盐度分布趋势十分相似。由于台湾暖流侵入,低含量区均出现在海区东南部小片水域。枯水期,长江径流量锐减,长江冲淡水流向东南,各种营养盐分布随之也向东南偏移,高浓度等值线向长江口方向收缩,低值区主要分布在北部和东北部水域。硅酸盐和硝酸盐的底层分布与表层分布趋势相似,唯浓度梯度比表层小,平均浓度也比表层低,在 8 月、10 月与 5 月比较明显,冬季由于水体垂直对流,上下层差别小。磷酸盐的底层分布在 8 月、10 月和 11 月与表层相似,平均含量除 8 月比表层高外,其他月份表、底层一致。亚硝酸盐(NO_2-N)由于影响因素较多,因而底层分布较为复杂,总的来说,亚硝酸盐平均含量表底层变化很小。长江口海区营养盐垂直分布由于受到物理、化学和生物等多因素影响,呈现较为复杂的变化。

化学需氧量(COD)春季、夏季、秋季和冬季平均含量分别为 1.66 mg/L、2.01 mg/L、1.78 mg/L 和 1.70 mg/L,污染指数分别为 0.83、1.01、0.88 和 0.85。长江口受有机污染相对较轻,仅夏季有所超标。水体中油污染较为严重,平均含量为 0.078 mg/L,污染指数为 1.57,其中夏季水体中油污染最为严重,平均含量达到 0.111 mg/L,污染指数为 2.22。挥发酚春、夏、秋和冬季平均含量分别为 7.58 $\mu g/L$ 、7.40 $\mu g/L$ 、9.05 $\mu g/L$ 和 6.05 $\mu g/L$,污染指数分别为