

海水鱼类养殖理论与技术

MARINE FISH CULTURE THEORY AND TECHNIQUES

雷霁霖 主编

by Lei Jilin

11664

海水鱼类养殖理论与技术

MARINE FISH CULTURE
THEORY AND TECHNIQUES

雷霖霖 主编

by Lei Jilin

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

海水鱼类养殖理论与技术/雷霖霖主编. —北京: 中国农业出版社, 2005. 4

ISBN 7-109-09640-8

I. 海... II. 雷... III. 海水养殖: 鱼类养殖
IV. S965.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 018456 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 张 志

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 63.75

字数: 1 490 千字 印数: 1~2 000 册

定价: 160.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

编委会名单

主 编 雷霖霖

副主编 卢继武 许鼎盛

编 委 (以汉语拼音为序)

常建波	常 青	陈昌生	陈 超	陈大刚	陈惠蓉	陈四清
陈伟洲	陈鑫燕	陈有铭	方永强	傅朝君	黄美珍	黄 瑞
姜海滨	姜言伟	柯盛辉	雷霖霖	李加而	李明聚	林德芳
林利民	林文霖	刘家富	刘镜恪	刘新富	刘 鹰	刘付永忠
柳学周	卢继武	马爱军	马志珍	毛兴华	潘秋香	丘广艳
邵益然	余忠明	苏翠平	苏永全	孙 姣	万瑞景	王 宾
王 波	王涵生	王 军	王清印	王少卿	王文兴	王新成
王艺磊	吴光宗	吴谡琦	武云飞	线微微	肖余生	谢仰杰
许鼎盛	许鼎鼐	徐君卓	杨火盛	杨亚珍	俞开康	俞勉余
张 本	张海发	张健生	张美昭	张朝晖	郑惠东	郑 严
钟建兴						

Chief Editor Lei Jilin

Vice-Chief Editors Lu Jiwu Xu Dingsheng

Members of the Editorial Committee (Alphabetically)

Chang Jianbo Chang Qing Chen Changsheng Chen Chao Chen Dagang
Chen Huirong Chen Siqing Chen Weizhou Chen Xinyan Chen Youming
Fang Yongqiang Fu Chaojun Huang Meizhen Huang Rui Jiang Haibin
Jiang Yanwei Ke Shenghui Lei Jilin Li Jiaer Li Mingju Lin Defang
Lin Limin Lin Wenlin Liu Jiafu Liu Jingge Liu Xinfu Liu Xuezhou Liu Ying
Liufu Yongzhong Lu Jiwu Ma Aijun Ma Zhizhen Mao Xinghua Pan Qiuxiang
Qiu Guangyan Shao Yiran She Zhongming Su Cuiping Su Yongquan Sun Jiao
Wan Ruijing Wang Bin Wang Bo Wang Hansheng Wang Jun Wang Qingyin
Wang Shaoqing Wang Wenxing Wang Xincheng Wang Yilei Wu Guangzong
Wu Suqi Wu Yungfei Xian Weiwei Xiao Yusheng Xie Yangjie Xu Dingsheng
Xu Dingnai Xu Junzhuo Yang Huosheng Yang Yazhen Yu Kaikang Yu Mianyu
Zhang Ben Zhang Haifa Zhang Jiansheng Zhang Meizhao Zhang Zhaohui
Zheng Huidong Zheng Yan Zhong Jianxing

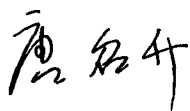
当今，无论发展中国家还是发达国家，无不站在国家和民族利益的战略高度，把海洋看作是新的生存和发展空间，寄希望于“蓝色国土”对人类社会的发展给予更多的支撑，亦期望获得更多的蓝色海洋食物，以解决优质蛋白食品、功能保健食品、海洋药物和生物材料等产品的持续供给问题。这是一项全球性的重要战略决策。为此，各海洋国家正在全力打造工业化养殖，工业化养鱼受到特别重视。它将给各国人民创造广泛就业机会，开辟创汇渔业，扩大国际贸易领域，维护海洋主权国家的权益。对我国来说，还将为沿海农村经济结构调整、增加渔农民收入、维护农村社会稳定、妥善解决“三农”问题做出贡献。

我国是世界上最早养殖海水鱼类的国家之一，400多年前就有鲷鱼养殖的记载，300多年前有遮目鱼养殖的记载。但是，长期以来由于技术水平及养殖方式的限制，发展相当缓慢。至20世纪90年代初，我国才步入工厂化养鱼阶段。现在我国的海水鱼类养殖品种累计达到60多种，年产量达50万吨，取得了前所未有的进步和发展，但是其占海水养殖总产量的比例尚不足5%。从我国沿海拥有的丰富的养殖水域资源和生物遗传资源状况来看，海水鱼类养殖发展还有较大的潜力。例如，我国沿海有18000多公里海岸线，6500多个岛屿，水深200米以内的大陆架面积约占148万平方公里，10米等深线以内的浅海7.3万平方公里。目前养殖开发水域的面积占可开发总面积不足30%，尚待开发利用的水域还特别适宜于发展鱼类增养殖；我国海域中的鱼类品种繁

多(约有1 694种),尤其温水性和暖温性的种质资源相当丰富。所以,今后只要我们充分挖掘发挥海水鱼类养殖空间大、品种多的优势,充分运用现代科技手段,坚持走可持续发展和工业化养鱼的道路,一定能推动我国海水鱼类养殖有更大的发展,获得更多优质高值的蓝色海洋食物,从质量的角度提高我国海水养殖的总体水平。

有言道,赠人一鱼只能济人一日之需,教人学会养鱼则可使人受益终生。不言而喻,在当前掀起第四次海水养殖浪潮,大力发展海水鱼类养殖的历史阶段,向读者宣传和教授养鱼知识是何等的重要。以雷霖霖教授为首的数十位作者,出自高度的责任心和使命感,将积累数十年的研究精髓,耗时5年,精心编撰成150余万字的《海水鱼类养殖理论与技术》一书,奉献给鱼类养殖的产、学、研各界朋友,以此促进我国海水鱼类养殖产业的健康持续发展,使国人在发展产业中广泛受益,实属及时。该书的写作特点是顺从生物多样性和生态多样性,突出产业多元模式和市场的先导作用,对引导读者理论联系实际、开启思路和灵活运用信息资料十分有利。相信读者会从这本书中感受到发展的新潮流、领悟到新理念、接受到新信息,学习到新技术。为此,我特别向广大读者推荐这本现代海水鱼类养殖的宏篇专论,也祝贺它的及时出版发行。

中国工程院院士



2004年12月31日

序 二

21 世纪是人类向海洋进军的新纪元，各海洋国家都在全力策划和充分发挥自身优势开发海洋生物产业，探索利用高科技手段，从海洋中获取越来越多的优质水产品和生物工业原料，以满足人民生活 and 建设所需。这对于我们中国来说，更具特殊意义，因为我们过去只用了占世界 7% 的耕地养活了地球上 22% 的人口，其任务的艰巨性可想而知。21 世纪，我们面临着要分担陆地农业养活 16 亿人口的时代重任，不但要让全国人民吃饱，还要吃得好。所以，作为海洋水产和生物科学家，责无旁贷地要肩负起发展水产科技的历史使命，向社会传播科技知识、培养专业人才、用高新技术去改造传统海水养殖业和培植新型、高效的主导产业，以便推进海洋经济的发展，提高人民的生活质量和我国的国际地位。

全面扩大海水养殖，重点发展鱼类增养殖，是当前我国水产领域最重要的发展方向。众所周知，淡水养殖的年产量现已达到 1 774.3 万吨，其中绝大部分是鱼类产量，所以海水养殖也应和淡水一样，必须以鱼为主来重点发展。据统计，全世界约有海洋鱼类 1.3 万种，我国海域中有 1 694 种，累计已经开发的有 60 余种，然而目前真正达到产业化规模的才 30 种左右。这说明我国有很丰富的海水鱼类种质资源可供增养殖选择利用；有包括 200m 水深以内的深海、浅海、滩涂和沿岸陆地等大量水域空间可供养殖；有包括深水网箱、养鱼工船、陆基养鱼工厂、围网和潮间带池塘等多种养鱼模式可供推广，所以海水养鱼前景广阔，大有可为。我们今后的任务艰巨而复杂，任重而道远，需要我们水产科技工作者

几代人的不懈努力，才能走出一条让世人瞩目的海水鱼类养殖繁荣之路。

中国水产科学研究院黄海水产研究所的雷霖霖教授，是我国著名的海水鱼类养殖专家。他数十年如一日，投身海水鱼类增养殖研究，先后对20多种中外鱼类的育苗和养殖进行过广泛而又深入的探索，取得了大量科研成果，为我国的海水鱼类养殖产业开拓与发展做出了重大贡献。由他主持编著的《海水鱼类养殖理论与技术》一书，是他数十年心血的结晶。该书共有150余万字，由国内70多位知名养殖专家参与完成。它在盛世年华出版问世，又迎来了我国海水鱼类养殖蓬勃发展的新纪元，确实是水产学界的一件大喜事，值得庆贺！

《海水鱼类养殖理论与技术》是一本专业性很强的宏篇巨著。该书的理论部分涵盖了鱼类生物学、生理学、繁殖原理、营养与代谢、能量学等基础学科，理论深入浅出，结构紧密，联系实用；技术与设施部分，围绕现代生物技术和工业化养殖系统两个中心，应用性强；养殖部分，包容了目前主要养殖经济品种、国外引进良种、即将开发养殖的名优品种以及育苗与养殖的工艺和模式等，可操作性强。总之，它是一部有理论、有见解、有技术、促发展的鱼类养殖专业著作，我想它的出版意义很大，将对我国海水鱼类增养殖业向广度和深度开拓起到积极推动作用。

中国工程院院士 林浩然

2005年1月10日

前 言

鱼类是海洋生物中的大家族，是渔业生产中的主要捕捞对象和人类优质动物蛋白质的重要来源。自古以来，蓝色海洋渔业已为人类做出了巨大贡献。但是，随着近代海洋生物资源衰退，海洋渔业发生了由捕捞业为主向养殖业为主的巨大转变。所以可以说，如果海水养殖是当代渔业发展的主题，那么，鱼类养殖就应该是发展海水养殖的主力军了。

新中国建立以来，我国的海水鱼类养殖研究走过了一条漫长而又曲折的道路。前 30 年，由品种筛选、人工育苗到养成模式，进行了广泛的基础性探索；后 20 年，在改革开放大潮的推动下，伴随国民经济起飞、国家综合实力增强、国内外市场的全面启动和人民生活水平的不断提高而获得发展良机。根据国家海洋水产的长远发展方向和市场的迫切需求，开展了多品种的育苗和增养殖研究，中试和推广工作同时并举，众多国内优良品种的产业化技术连续获得重大突破；与此同时还进行了国外良种引进、驯化，迅速建立起良种养殖的新模式和新产业，被誉为“第四次浪潮”的海水鱼类养殖受到全球的巨大关注。

改革开放后，我国人民对于海洋科技、海洋文化和海洋经济的兴趣越来越浓，对海水鱼类养殖业的关心和参与也就日益扩大；各有关大专院校和海水养殖者，热切盼望有一本反映现代海水鱼类养殖的科技专著问世，以利指导教学和生产实践。我们从 20 世纪末开始，应广大读者的要求，在中国农业出版社的大力支持、鼓励下，与沿海 22 所科研、教学和生产单位的 71 位同行专家一起，共同组织撰写了《海水鱼类养殖理论与技术》一书。我们仅以

此作为一份礼物,真诚奉献给“海洋世纪”和关心、从事海水鱼类养殖的广大读者。

《海水鱼类养殖理论与技术》共分四篇。第一篇概论;第二篇海水鱼类养殖理论,分7章;第三篇海水鱼类养殖应用技术与设施,分9章;第四篇海水鱼类养殖技术各论,涉及30种中外名优养殖鱼类,共分30章。全书共150余万字。编著者从求新、求全、创新、务实的理念出发,融汇全体作者的思路和经验,用科学发展观总结了数十年来的科研成果,汇集了大量国内外育苗和养殖方面的技术信息。在养殖品种上,明确以新品种为主、传统品种为辅,中外品种兼容,南北品种并重和主导品种突出的方向;力求全书内容新颖、结构紧密,浑然一体,努力反映时代特色和较深刻的理论和技术内涵。

在统稿过程中,适逢世纪之交,又处于我国海水鱼类养殖快速发展的新时期。国内开发的新品种和国外引进的良种不断涌现,新旧养殖理念、技术和模式的更替日渐频繁,由此而产生的世纪冲击波,激发起我们的责任感。我们一边撰稿,一边努力追寻新产业发展的足迹,去奋力拓宽视野、延伸产业持续发展的远景。为了尽可能做到与时俱进,吸纳更多的养分,在五个春秋的撰稿和统稿过程中,我们不失时机地收集新的中外文献资料,将其充实到书稿之中;还增添了近两年才开发、引进富有养殖潜力和市场潜力的国内外新品种,供读者发展新产业时参考。

这本书终于和读者见面了,她是我国海水鱼类养殖高速发展时期的产物。尽管她姗姗来迟,其中可能会有许多不尽如人意之处,但是我们衷心希望她能给广大读者带来一丝新的启迪和一些有益的信息;期望在21世纪,为我国海水鱼类养殖的进步与发展做出新的贡献。

雷霖霖

2004.8.

FOREWORD

Fish is a large family in mariorganism, the main capture of fishery industry and the important source of animal protein for human beings. Since the ancient time, the blue ocean fishery had made great contribution to the human. However, with the decreasing of mariorganism resources, great changes had been happened to modern fishery production, priorities were given to fish culture instead of fish capture. Therefore, we can say that if “mariculture” is the main subject of modern fishery development, “fish culture” should be the main force of “mariculture” .

Since the establishment of the People's Republic of China, researches on sea fish culture has gone through a long and difficult way. During the first three decades, a comprehensive foundational research from species selection, artificial hatchery to culture mode had been progressed. In the following 20 years, under the tide of “Reform and Open Policy”, the flying-off of national economics, the strengthening of total national capability, the whole start of the domestic and foreign markets and the improvement of people's living standard won good development opportunities. According to the long-term development of the National Marine Aquaculture as well as the urgent requirement of the market, the researches of marine ranching and farming of many species have been developing, and the research, experiment and promotion being progressed simultaneously. The industrialized techniques of many well-bred domestic and foreign species successively made great breakthroughs. At the same time, foreign well-bred species were introduced, hatched and cultured, speedily set up new industrialized culture mode. The reputed “Fourth Tidal Wave” of our mariculture attracted tremendous global attention.

After the reform and open to the world, people of our country show more and more interests in ocean technology, ocean culture and ocean economics, and more and more care about and participate in marine fish culture industry. Institutes and colleges and marine far-

FOREWORD

mers are warmly looking forward to a technical book reflecting modern marine fish culture, instructing teaching and production practice. Under the support and encouragement of China Agriculture Publishing House, from the end of last century, we organized over 71 experts from 22 coastal research institutes and teaching units to write this book "*Marine Fish Culture Theory and Techniques*", as a present sincerely for the "Ocean Century" and for the readers who care about and engaged in marine fish culture.

There are four parts in "*Marine Fish Culture Theory and Techniques*". The first part: Introduction; the second part: Marine Fish Culture Theory, 7 chapters; the third part: Marine Fish Culture Applied Techniques and Facilities, 9 chapters; the fourth part: Marine Fish Culture Techniques, 30 chapters, cover 30 species of well-known domestic and foreign culture fish. There are about 1.5 million words in the book. Directed by the concept of "To be new, to be comprehensive" and "To be creative and to be practical", the writers sum up the research results of the several decades with a scientific and developing view, collecting a large amount of information in marine fish hatchery and culture techniques. On the culture species, they follow the direction of new species prior to traditional species, giving the same attention to domestic species and foreign species, putting the same importance on southern and northern species, and, highlighting the leading species. We tried to make the book new in content, tight in construction, integrated and consistent, reflecting the bright era characteristics and comparatively profound theory and technical connotation.

The time when we write the book was just the joint of the centuries, also was the new era of the speedy development of marine fish culture of our country, with a lot of new developed species domestically and the introduced species. The substitute of the new and old culture concept, techniques and mode, and the therefore caused century wave illuminated our desire of seeking knowledge and sense of responsibilities. As we are writing, we are pursuing the developing track of the new industry, to try our utmost to widen our field of vision, and to lengthen the foreground of continuous development of the industry. In order to keep the space of the times, to absorb more and new nutrients, during the five years of writing and editing, we kept collecting the domestic and foreign documents and all kinds of

valuable information, and enrich them into the book. In addition, we added the newly developed and newly introduced culturally potential and market potential species, for the reference of those readers who develop new industry.

The book finally comes out for our readers. She is the product of our marine fish culture in the high speed development period. Although she comes late and with flaws, we sincerely hope she can bring to our readers a little new inspiration and some beneficial information. We hope that at the beginning of the new century, we can make new contributions to the progress and development of marine fish culture of our country.

Lei Jilin

August, 2004

目 录

序一
序二
前言

第一篇 概 论

中国海水鱼类养殖历史、现状和未来 3

第二篇 海水鱼类养殖理论

第一章	海水鱼类养殖生物学基础	17
第二章	海水鱼类繁殖原理	43
第三章	海水鱼类摄食特性	87
第四章	海水鱼类营养物质消化与吸收	103
第五章	海水鱼类营养需求与代谢	118
第六章	海水仔、稚鱼营养需求	164
第七章	海水鱼类能量学研究	193

第三篇 海水鱼类养殖应用技术与设施

第一章	海水鱼类遗传育种技术	229
第二章	海水鱼类诱导与催产技术	243
第三章	海水养殖鱼类病害防治技术	252
第四章	海水微藻饵料培养技术	294
第五章	海水动物饵料培养技术	308
第六章	海水鱼类配合饲料研制技术	318
第七章	海水工厂化养鱼工程与设施	365
第八章	海水工业化养鱼水处理技术	383
第九章	海水网箱养鱼技术	409

第四篇 海水鱼类养殖技术各论

第一章	真鲷养殖技术	447
第二章	牙鲆养殖技术	482
第三章	大菱鲆养殖技术	524
第四章	大西洋牙鲆养殖技术	592

目 录

第五章 石鲮养殖技术	614
第六章 大西洋庸鲮养殖技术	626
第七章 半滑舌鲷养殖技术	647
第八章 塞内加尔鲷养殖技术	666
第九章 欧洲鲷养殖技术	675
第十章 红鳍东方鲀养殖技术	683
第十一章 双斑东方鲀养殖技术	703
第十二章 许氏平鲈养殖技术	710
第十三章 大泷六线鱼养殖技术	731
第十四章 花鲈养殖技术	745
第十五章 条纹狼鲈养殖技术	775
第十六章 大黄鱼养殖技术	792
第十七章 美国红鱼养殖技术	816
第十八章 斑点海鲷养殖技术	840
第十九章 赤点石斑鱼养殖技术	849
第二十章 点带石斑鱼养殖技术	885
第二十一章 鲷养殖技术	892
第二十二章 杜氏鲷养殖技术	905
第二十三章 军曹鱼养殖技术	922
第二十四章 卵形鲳鲹养殖技术	928
第二十五章 遮目鱼养殖技术	937
第二十六章 麒麟养殖技术	949
第二十七章 斜带髯鲷养殖技术	956
第二十八章 花尾胡椒鲷养殖技术	965
第二十九章 红鳍笛鲷养殖技术	978
第三十章 紫红笛鲷养殖技术	987
附录 本书鱼名汉语拉丁文对照	995

CONTENTS

PREFACE 1

PREFACE 2

FOREWORD

I INTRODUCTION

The History, Present States and Future on China Marine Fish Culture	3
---	---

II MARINE FISH CULTURE THEORY

Chapter 1 Biological Basis of Marine Fish Culture	17
Chapter 2 Propagation Principle of Marine Fish	43
Chapter 3 Feeding Characteristics of Marine Fish	87
Chapter 4 Nutriments Digesting and Absorbing of Marine Fish	103
Chapter 5 Nutriments Demands and Metabolism of Marine Fish	118
Chapter 6 Nutriments Demands of Marine Larvae and Juvenile	164
Chapter 7 Energy Research of Marine Fish	193

III APPLIED TECHNIQUES AND FACILITIES OF MARINE FISH CULTURE

Chapter 1 Genetic Breeding Techniques of Marine Fish	229
Chapter 2 Induced Matere and Spawning Techniques of Marine Fish	243
Chapter 3 Disease Prevention and Cure of Marine Fish	252
Chapter 4 Culture Techniques of Marine Microalgae Feed	294
Chapter 5 Culture Techniques of Marine Live Animal Foods	308
Chapter 6 Research and Manufacture of Artificial Formulated Feed	318
Chapter 7 Engineering Facilities of Industrialized Fish Culture	365
Chapter 8 Water Treatment Techniques of Industrialized Fish Culture	383
Chapter 9 Cage Culture Facilities in Sea	409

IV CULTURE TECHNIQUES OF MARINE FISHES

Chapter 1 Red Seabream (<i>Pagrus major</i>) Culture Techniques	447
Chapter 2 Bastard halibut (<i>Paralichthys olivaceus</i>) Culture Techniques	482
Chapter 3 Turbot (<i>Scophthalmus maximus</i>) Culture Techniques	524
Chapter 4 Summer Flounder (<i>Paralichthys dentatus</i>) Culture Techniques	592
Chapter 5 Stone flounder (<i>Kareius bicoloratus</i>) Culture Techniques	614

CONTENTS

Chapter 6	Atlantic halibut (<i>Hippoglossus hippoglossus</i>) Culture Techniques	626
Chapter 7	Tongue sole (<i>Cynoglossus semilaevis</i>) Culture Techniques	647
Chapter 8	Senegal Sole (<i>Solea senegalensis</i>) Culture Techniques	666
Chapter 9	European Sole (<i>Solea solea</i>) Culture Techniques	675
Chapter 10	Torafugu (<i>Takifugu rubripes</i>) Culture Techniques	683
Chapter 11	Bimacula Fugu (<i>Takifugu bimaculatus</i>) Culture Techniques	703
Chapter 12	Schlegel's rockfish (<i>Sebastes schlegelii</i>) Culture Techniques	710
Chapter 13	Masked Greenling (<i>Hexagrammos otakii</i>) Culture Techniques	731
Chapter 14	Common sea perch (<i>Lateolabrax japonicus</i>) Culture Techniques	745
Chapter 15	Striped Bass (<i>Morone Saxatilis</i>) Culture Techniques	775
Chapter 16	Large yellow croaker (<i>Larimichthys crocea</i>) Culture Techniques	792
Chapter 17	Red drum (<i>Sciaenops ocellata</i>) Culture Techniques	816
Chapter 18	Spotted seatrout (<i>Cynoscion nebulosus</i>) Culture Techniques	840
Chapter 19	Red grouper (<i>Epinephelus akaara</i>) Culture Techniques	849
Chapter 20	Malabar grouper (<i>Epinephelus malabaricus</i>) Culture Techniques	885
Chapter 21	Flathead mullet (<i>Mugil cephalus</i>) Culture Techniques	892
Chapter 22	Dumeril's amberjac (<i>Seriola dumerili</i>) Culture Techniques	905
Chapter 23	Cobia (<i>Rachycentron canadum</i>) Culture Techniques	922
Chapter 24	Derbio (<i>Trachinotus ovatus</i>) Culture Techniques	928
Chapter 25	Milk fish (<i>Chanos chanos</i>) Culture Techniques	937
Chapter 26	Common dolphinfish (<i>Coryphaena hippatus</i>) Culture Techniques	949
Chapter 27	Black grunt (<i>Haplogenyis nitens</i>) Culture Techniques	956
Chapter 28	Yellow sported grunt (<i>Plectorhynchus cinctus</i>) Culture Techniques	965
Chapter 29	<i>Lutjanus erythopterus</i> Culture Techniques	978
Chapter 30	Mangrove red snapper (<i>Lutjanus argentimaculatus</i>) Culture Techniques	987
Appendix	Chinese - Latin Scientific Names (Alphabetically)	995