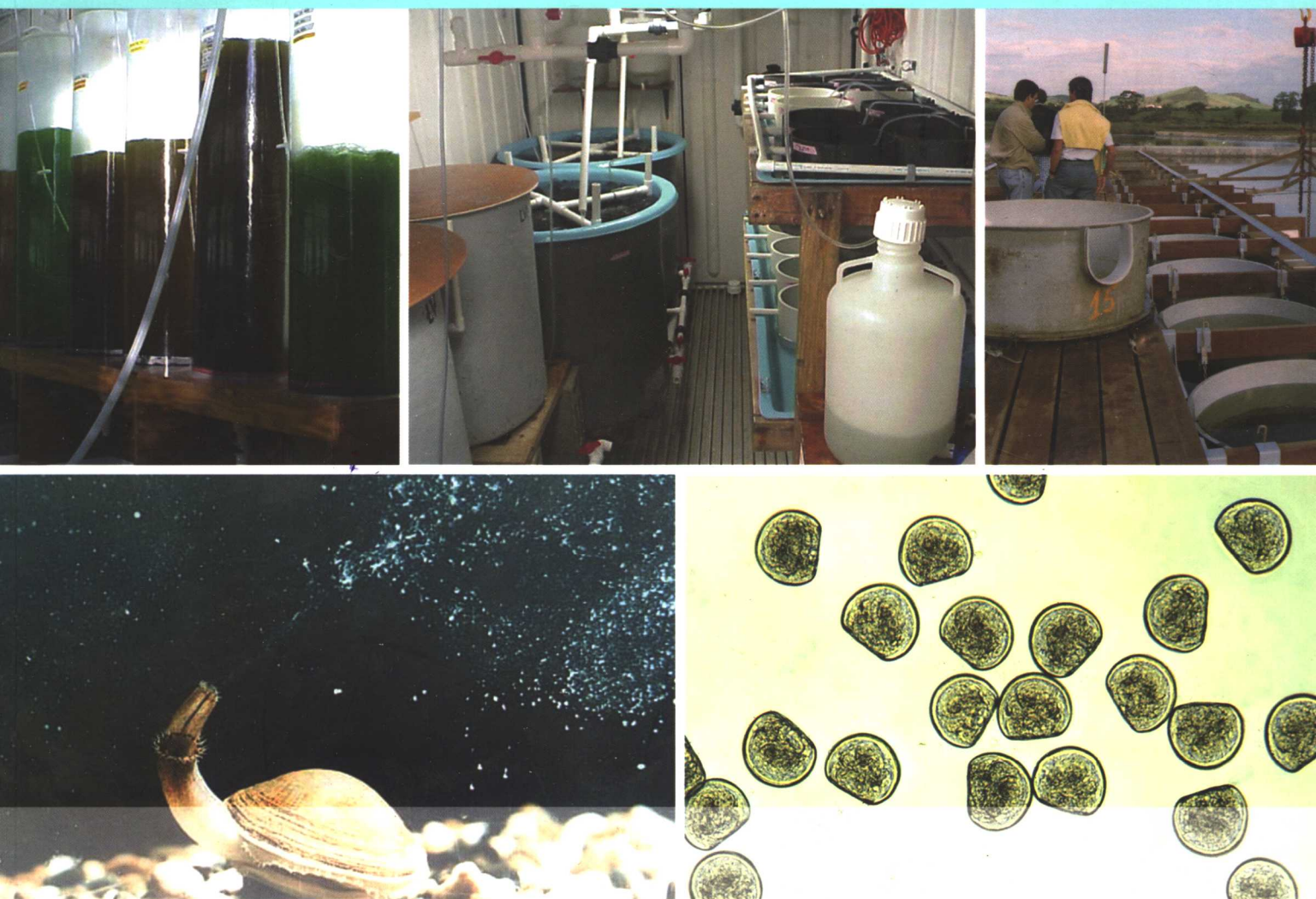


双壳贝类育苗

实用手册



双壳贝类育苗 实用手册

粮农组织
渔业
技术论文

471

撰写:

Michael M. Helm

粮农组织顾问

加拿大, Nova Scotia

和

Neil Bourne

粮农组织顾问

加拿大, British Columbia

编辑:

Alessandro Lovatelli

内陆水资源和水产养殖处

联合国粮农组织渔业部

意大利, 罗马

翻译:

陈家鑫

中国, 黄海水产研究所

和

常亚青

中国, 大连水产学院

联合国粮食及农业组织

2006年, 罗马

本信息产品中使用的名称和介绍的材料，并不意味着联合国粮食及农业组织对任何国家、领地、城市、地区或其当局的法律或发展地位、或对其边界或国界的划分表示任何意见。

ISBN 92-5-505224-1

版权所有。为教育和非商业目的复制和传播本信息产品中的材料不必事先得到版权持有者的书面准许，只需充分说明来源即可。未经版权持有者书面许可，不得为销售或其它商业目的复制本信息产品中的材料。申请这种许可应致函：

Chief
Publishing Management Service
Information Division
FAO
Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy

或以电子函件致：

copyright@fao.org

© 粮农组织 2006 年

撰写目的

本手册是联合国世界粮农组织渔业局水资源和水产养殖处的出版物之一。手册的内容覆盖了不同气候带所养殖的蛤类、牡蛎类和扇贝类及类似的双壳贝类集约化育苗技术。详细描述了育苗生产的全过程，并介绍了有益于育苗业发展的环境选择和相应的设备设计方案。本手册中也包含了陆上和海上稚贝中间培育技术和养成技术。出版本手册的意图是为贝类苗种集约化生产者提供技术帮助，以及为对该行业有兴趣的投资者提供评估资料。

本文作者收集整理了80多年来世界各地广泛养殖的双壳贝类的育苗在生物、管理及育苗场运行方面的经验。本手册编写的全过程是在联合国粮农组织渔业资源（水产养殖）官员Alessandro Lovatelli的协调下完成的。

本文作者向他们过去和现在的同事和业界的领导们表示由衷的感谢，本手册得以出版得益于他们的贡献。

本手册的版面由J. L. 卡斯蒂拉 希维特设计。

本文中所附的照片除署名的以外，均系本文作者的作品。

摘要

双壳贝类的养殖是世界水产养殖业中一项重要和发展迅速的领域，2000年双壳贝类产量为1400万吨，大约占到全球水产品产量的20%。双壳贝类产量的大部分来自于天然贝类资源，对某些种群而言，其捕捞量已经接近，甚至超过了该种群允许的最大的可持续生产量。无论是粗放养殖，或者是集约化养殖，通过捕捞并依赖天然种苗来增加产量在世界养殖业中由来已久，但自然界不可能保证提供足够的种源；争夺沿海水域和地盘日益加剧使得矛盾更为复杂。为了满足双壳贝类养殖业对种苗的需求，对具有高商业价值的种类，如蛤、牡蛎和扇贝等进行人工育苗是解决问题之良策。虽然目前人工育苗所生产的种苗只占到总需求量的一小部分，但是随着对养殖种类进行遗传改良工作的日益深入，使得改良后的性状更适合特殊的条件，人工种苗成为重要的贝苗来源成为可能。

在欧洲和美国开展双壳类育苗始于20世纪60年代。自彼时起，世界水产养殖业中占主导地位的各种双壳类的生物学研究和育苗技术在不断进步和完善。本手册将所能获取的资料，从亲本的采集、幼体培养、经中间培育直到可放养的规格等揉和到一起。重点是介绍为特定目的而建设的育苗场开展种苗集约化生产的技术，而不涉及陆上池塘养殖系统中所常用的粗放的种苗生产方法。就育苗全过程而言，中间暂养是育苗和养成之间的过渡阶段，本手册对将幼虫运到远离育苗场的养殖场所进行异地附着（固着）也做了描述和深入介绍。

本手册不是一部有关该学科的科学论文，它只是为读者提供有实际应用价值的技术，读者可从中了解双壳贝类生活史的不同阶段，在育苗生产中如何进行处理和管理的细节。大量的事例包含了不同气候带条件下最常见的养殖种类，如太平洋牡蛎，美洲牡蛎，欧洲平牡蛎，菲律宾蛤子，以及若干种扇贝。热带地区的双壳贝类养殖也包含其中。这里所介绍的方法对于那些在世界范围内经济价值稍次的种类也同样是适用的。作者认为，双壳类育苗生产与其说是一门科学，莫如说是一门技艺，因为许多育苗场在操作和管理中依靠的是熟练的技能和掌握的分寸。就此而言，经验丰富的育苗场管理人员认为，许多有关生产细节的资料都是能解决实际问题的“重磅炸弹”。作者也还考虑到育苗新手的需要，不仅介绍育苗中不同步骤是如何操作的，同时也介绍有关的生物学基础知识。本手册中所论及的内容，无论对严格要求的实验性育苗室，还是对商业性育苗场都一概适用。

本手册除了介绍育苗技术和方法以外，也涉及到育苗场地的选择以及育苗场的规划和设计。本手册也涵盖了若干新技术，这将有助于该产业在今后的发展中，提高技术的可靠性和经济的发展潜力。在这些新技术中，包含了多倍体培育、新品种的选择、配子的冷冻保藏，以及新型的非活性饵料的开发等。

关键词：海水养殖、双壳类养殖、双壳类育苗、双壳类稚贝中间暂养、双壳类种苗生产、牡蛎、蛤、扇贝

Helm, M.M.; Bourne, N.; Lovatelli, A. (编辑)

双壳类育苗。实用手册。

联合国粮农组织渔业技术论文。第471号。罗马，粮农组织。2006。162页。

词汇表

中文	英文	解释
闭壳肌	Adductor muscle	将双壳类的两个壳收缩、合拢到一起的肌肉
藻类	Algae	产生孢子的低等水生植物
前或头	Anterior	前部或头部
外耳	Auricle	与扇贝有关的构造，在扇贝壳铰合部两侧的耳状或翼状的突出物（有时候也指接受血液系统回流到心脏血液的器官）
单种无菌培养	Axenic	一种为特殊需要而设计的培养方法，将单一种的细胞在无菌条件下培养
咬合	Biting	两个扇贝的壳互相交错地咬在一起，有时后会伤及彼此的软体部
双壳类	Bivalve	瓣鳃纲（ <i>Pelecypoda</i> ）软体动物，它们有两瓣由铰合部连接在一起的外壳
足丝	Byssus	由双壳类自身分泌用来附着的丝线状纤维
纤毛	Cilia	纤细的毛状物，通过它的有节奏的摆动引起水的流动
栉鳃	Ctenidia	叶片状器官，用于呼吸和从水体中过滤食物（与“gill”通用）
附着基	Cultch	用来采集稚贝的器材
半鳃	Demibranch	双壳类鳃的半叶
有机碎屑	Detritus	动植物尸体分解后的碎片
硅藻	Diatom	硅藻纲（ <i>Bacillariophyceae</i> ）的单细胞藻类，有时也成链状，细胞外具硅质外壳（frustule）
双闭壳肌类	Dimyarian	具有两个闭壳肌的双壳类，如蛤和贻贝
雌雄异体的	Dioecious	雌雄生殖器官分别长在不同的个体上的生物
二倍体	Diploid	细胞内具有的正常的双倍染色体组（2n）
背部	Dorsal	生物体背离地面的部位
下降流	Downwelling	育苗中所用的术语，在稚贝培育系统中，水流是自上向下流动（相对于上升流而言）
D形幼虫	D-larva	双壳类早期的面盘幼虫，又称之为直线铰合期幼虫
胚胎	Embryo	早期发育的阶段的生物体，在双壳类中指幼虫期前的生物体
出水孔	Exhalant	双壳类向外排水的部位
外来的	Exotic	从国外或者从其他地域向本地引进的
眼点	Eyespot	某些双壳类幼虫达到成熟期时出现的简单的感光器官

受精	Fertilization	精、卵的结合过程
鞭毛藻	Flagellate	一类单细胞藻类，具有其特有的运动器官鞭毛
硅质膜	Frustule	硅藻类所具有的含硅的壳状的细胞膜
配子	Gamete	成熟的、单倍染色体的、具有与对应的性细胞相结合，形成合子的性细胞
配子形成	Gametogenesis	精子和卵子产生的过程
鳃	Gill	叶片状器官，用于呼吸和从水体中过滤食物（见条目“ctendia”）
养成	Growout	将育苗生产的种苗养到商品规格的过程
盐跃层	Halocline	海洋学中盐度呈现急剧变化的水层
铰合部	Hinge	双壳类背缘将两瓣壳连接在一起的部位
高度不饱和脂肪酸	HUFA	具有多个双链的不饱和脂肪酸，又称之为多不饱和脂肪酸
土生种	Indigenous	当地原产的，非从外地或国外引进的种类
进水管	Inhalant	双壳类从外界进水的水管
幼虫	Larva	双壳类从胚胎到变态完成前的阶段
韧带	Ligament	纤维状具有弹性的物质，位于铰合部连接两个壳瓣
外套膜	Mantle	包被双壳类软体部的膜状物，具分泌贝壳的功能
平均数	Mean	统计数的均值
减数分裂	Meiotic Division	细胞分裂时将正常染色体数减半的过程
变态	Metamorphosis	对双壳类而言是从幼虫发育成稚贝的阶段
微藻	Microalgae	微形藻类，有单细胞的，也有链状的硅藻，在育苗场培养用于幼虫和稚贝的饲料
微升	Microlitre (μl)	1毫升的千分之一
微米	Micrometer (μm)	1毫米的千分之一
雌雄同体的	Monoecious	雌雄生殖器官发生在同一个个体上
单闭壳肌类	Monomyarian	只有一个闭壳肌的双壳类，如牡蛎和扇贝
天然附着	Natural Set	双壳类天然种群产卵所得到的稚贝
外套痕	Pallial Line	双壳类贝壳的内表面由外套膜留下的斑痕
唇瓣	Palp	位于口两侧的附属感觉器，帮助将食物输送到口内
足	Pedal	与足有关
酸碱度	pH	氢离子浓度指数，系度量酸度的符号
浮游生物	Plankton	具有漂浮和微弱游动能力的水生生物，包括浮游植物（phytoplankton）和浮游动物（zooplankton）

以浮游植物为食的	Planktotrophic	形容某类生物的食性是以浮游植物为生的
极体	Polar Body	精子进入卵子后, 卵子进行减数分裂时释放出来的极小的细胞, 使卵子成为单倍体
多倍体	Polyploid	染色体组超过正常二倍体 (2n) 的生物
后端	Posterior	与头部相对的一端
原核	Pronuclei	卵子完成减数分裂, 尚未与精核相融合的核
假粪	Pseudofaeces	未进入贝类消化道就被排出的废物
实际盐度单位	PSU	度量盐度的单位, 相当于ppt
弹性韧带	Resilium	位于铰合部韧带的内部, 当闭壳肌松弛时使得双壳类的壳张开
盐度	Salinity	海水中的盐含量, 通常用千分之几 (ppt) 或实际盐度单位 (PSU) 表示
种苗	Seed	育苗场用的术语, 指可供出售的稚贝
附着	Settlement	成熟的幼虫寻求附着基准备附着的行为
壳高	Shell Height	从壳顶到壳腹缘的直线距离
壳长	Shell Length	壳前后缘间的直线距离
稚贝	Spat	刚附着的双壳类的幼体, 也叫做后期幼虫 (post larval) 或幼体 (juvenile)
直线铰合期	Straight-hinge	双壳类幼虫的早期阶段, 又叫做D形幼虫阶段
触手	Tentacle	由外套膜边缘伸出的细而长、具有感觉功能的器官
四倍体	Tetraploid	具有正常二倍体 (2n) 双倍的染色体组 (4n)
温跃层	Thermocline	水温在垂直范围内剧烈变化的区域
三倍体	Triploid	比正常二倍体生物多出一套染色体组 (3n)
担轮幼虫	Trochophore	双壳类幼虫发育过程中的一个浮游阶段的幼虫
壳顶	Umbo, umbone	贝壳背部突出的部分, 也是双壳类贝壳最老的部分
上升流	Upwelling	育苗中的一个术语, 水流从培养容器的底部进入, 从上部流出, 相对于下降流而言 (downwelling)
泌尿生殖的	Urogenital System	与排泄生殖有关的器官
壳瓣	Valve	双壳类两个壳中的一片, 合起来成为一个完整的贝壳
面盘幼虫	Veliger Larva	大多数软体动物的幼虫阶段, 具有一个面盘
面盘	Velum	幼虫具有的带有纤毛的运动器官
腹部	Ventral	位于动物身体腹面或下端的部位
合子	Zygote	雌雄配子结合后的双倍体细胞 (2n)

缩略语和单位换算

BBSR	百慕大生物研究站
DHA	二十二碳六烯酸
DOPA	二羟苯丙氨酸
EDTA	乙烯基四乙酸二胺
EPA	二十碳五烯酸
FAO	联合国粮农组织
FLUPSY	浮动上升流系统
FSW	过滤海水
GI	生长指数
GRP	玻璃强化塑料
HUFA	高度不饱和脂肪酸
LDR	光敏电阻
MAFF	农业食品及渔业部
NTM	净处理死亡率
PHCD	收获后细胞密度
PUFA	多不饱和脂肪酸
PVC	聚氯乙烯
RSR	电阻传感继电器
SI	国际标准系统
TBT	磷酸三丁脂
TCBS	硫代硫酸盐、柠檬酸盐、胆汁、蔗糖培养基
UV	紫外线

以下符号不一定出现在本手册中，仅供读者在阅读其他文献时参考

<	小于
>	大于
n.a.	没有分析或没有数据，也写作N/A
μm	微米
mm	毫米
cm	厘米
m	米
km	千米
inch	英寸
ft	英尺
yd	码
mi	英里
ft²	平方英尺
yd²	平方码

mi²	平方英里
m²	平方米
ha	公顷
km²	平方公里
cc	立方厘米, 等于毫升 (ml)
M³	立方米
ft³	立方英尺
yd³	立方码
μl	微升
ml	毫升, 等于cc
l	升
μg	微克
mg	毫克
g	克
kg	千克
mt	公吨 (1 000千克), 也写作tonne
oz	盎司
lb	磅
cwt	英担
t	吨
psi	磅/平方英寸
psu	实际盐度单位
gpm	加仑/分
mgd	加仑/天
cfm	立方英尺/分
ppt	千分之几 (‰)
ppm	百万分之几
ppb	10亿分之几
min	分
hr	小时
kWhr	千瓦小时

单位换算

附录的这一节在内容上是与缩写部分相关联的单位。请注意某些单词, 如加仑和吨等, 英国的标准与美国的标准是不同的。在阅读原文时要弄清楚是来自英国的还是美国的标准。

长度

1 μm	0.001 mm = 0.000001 m
1 mm	0.001 m = 1 000 μm = 0.0394 inch
1 cm	0.01 m = 10 mm = 0.394 inch
1 m	1 000 000 μm = 1 000 mm = 100 cm = 0.001 km = 39.4 inch = 3.28 ft = 1.093 yd
1 km	1 000 m = 1 093 yd = 0.621 mi

1 inch	25.38 mm = 2.54 cm
1 ft	12 inch = 0.305 m
1 yd	3 ft = 0.914 m
1 mi	1 760 yd = 1.609 km

重量

1 μg	0.001 mg = 0.000001 g
1 mg	0.001 g = 1 000 μg
1 g	1 000 000 μg = 1 000 mg = 0.001 kg = 0.0353 oz
1 kg	1 000 g = 2.205 lb
1 mt	1 000 kg = 1 000 000 g = 0.9842 UK t = 1.102 US t
1 oz	28.349 g
1 lb	16 oz = 453.59 g
1 UK cwt	112 lb = 50.80 kg
1 US cwt	100 lb = 45.36 kg
1 UK t	20 UK cwt = 2 240 lb
1 US t	20 US cwt = 2 000 lb
1 UK t	1.016 mt = 1.12 US t

体积

1 μl	0.001 ml = 0.000001 l
1 ml	0.001 l = 1 000 μl = 1 cc
1 L	1 000 000 μl = 1 000 ml = 0.220 UK gallon = 0.264 US gallon
1 m ³	1 000 l = 35.315 ft ³ = 1.308 yd ³ = 219.97 UK gallons = 264.16 US gallons
1 ft ³	0.02832 m ³ = 6.229 UK gallons = 28.316 l
1 UK gallon	4.546 l = 1.2009 US gallons
1 US gallon	3.785 l = 0.833 UK gallon
1 MGD	694.44 GPM = 3.157 m ³ /min = 3 157 l/min

浓度

1 %	1 g/100 ml
1 ppt	1 g/1 000 ml = 1 g/1 l = 1 g/l = 0.1%
1 ppm	1 g/1 000 000 ml = 1 g/1 000 L = 1 mg/l = 1 $\mu\text{g/g}$
1 ppb	1 g/1 000 000 000 ml = 1 g/1 000 000 l = 0.001 ppm = 0.001 mg/l

液 / 液稀释

1 %	1 ml/100 ml
1 ppt	1 ml/1 000 ml = 1 ml/1 l = 1 ml/l = 0.1%
1 ppm	1 ml/1 000 000 ml = 1 ml/1 000 l = 1 $\mu\text{l/l}$
1 ppb	1 ml/1 000 000 000 ml = 1 ml/1 000 000 l = 0.001 ppm = 0.001 ml/l

面积

1 m ²	10.764 ft ² = 1.196 yd ²
1 ha	10 000 m ² = 100 ares = 2.471 acres
1 km ²	100 ha = 0.386 mi ²
1 ft ²	0.0929 m ²
1 yd ²	9 ft ² = 0.836 m ²
1 acre	4 840 yd ² = 0.405 ha
1 mi ²	640 acres = 2.59 km ²

温度

°F	(9 ÷ 5 × °C) + 32
°C	(°F - 32) × 5 ÷ 9

压力

1 psi 70.307 g/cm²**科学单位**

在本词汇表中, 科学家以不同的方式来书写所使用的单位。他们所采用的是所谓的国际系统单位(SI)。例如, 1 ppt在学术文献中也写作1 mg/l或者1 mg l⁻¹。

1 g/kg写作1 g kg⁻¹。12 mg/kg写作12 mg kg⁻¹。 95 μg/kg写作95 μg kg⁻¹。

放养密度11 kg/m³ 写作11 kg m⁻³。这种标准系统在商业性的水产育苗和养殖中不通用, 所以在本手册中不采用。有关这方面更多的信息可在因特网上查阅。

目录

撰写目的	iii
摘要	iv
图录	ix
表录	xii
词汇表	xiii
缩略语和单位换算	xvi

前言	1
----------	---

第一部分 育苗场址的选择、设计和经济效益评估

1.1 场址的选择	5
1.1.1 概述	5
1.1.2 注意事项	5
1.1.2.1 政府法规	5
1.1.2.2 海水质量	6
1.1.2.3 育苗场场址的确定	6
1.2 育苗场的设计	7
1.2.1 概述	7
1.2.2 供水系统	8
1.2.3 硬件设施	10
1.2.3.1 饵料培养室	11
1.2.3.2 亲贝促熟和采卵车间	12
1.2.3.3 幼虫培育车间	12
1.2.3.4 稚贝培育车间	13
1.2.3.5 其它必需的空间	13
1.3 经济效益评估	13
1.4 参考文献	14

第二部分 双壳类的基础生物学：分类、形态结构和生活史

2.1 分类和解剖学	17
2.1.1 概述	17
2.1.2 外部形态	17
2.1.3 内部结构	18
2.2 生活史	21
2.2.1 性腺发育和配子的排放	21
2.2.2 胚胎和幼虫的发育	22
2.2.3 变态	23
2.2.4 摄食	23
2.2.5 生长	24
2.2.6 死亡	24
2.3 参考文献	25

第三部分 育苗场的运作：单细胞藻类的培养

3.1 概述	29
3.2 藻种和一级培养的维护和管理	31
3.2.1 藻种的管理程序	32
3.2.2 一级培养程序	36
3.3 二级培养	37
3.3.1 培育的生长阶段	37
3.3.2 二级培养的操作细节	38
3.3.3 藻类密度的计算	40
3.4 三级培养	42
3.4.1 袋式培养或圆柱式培养	44
3.4.2 内部照明培养	45
3.4.3 三级培养的管理原则	46
3.4.4 自动化三级培养	49
3.4.5 存在问题和解决方案	50
3.4.6 室外粗放培养	50
3.5 参考文献	52

第四部分 育苗场的运作：亲贝促熟, 产卵和受精

4.1 亲贝促熟	55
4.1.1 概述	55
4.1.2 促熟方法	57
4.1.2.1 培育池系统和水处理	57
4.1.2.2 种贝的喂养	60
4.1.2.3 饵料投喂量的计算	61
4.1.2.4 流水系统的水量调节	62
4.1.2.5 促熟的两个阶段	62
4.1.3 热带地区双壳类的促熟	63
4.2 产卵和受精	63
4.2.1 概述	63
4.2.2 剥离获取配子	65
4.2.3 平牡蛎的特殊情况	66
4.2.4 卵生双壳类产卵的诱导	68
4.2.4.1 升降温刺激过程	69
4.2.4.2 雌雄异体双壳类的产卵过程	70
4.2.4.3 雌雄同体双壳类的产卵过程	71
4.2.5 受精过程	71
4.3 参考文献	73

第五部分 培育过程：幼虫培育基本方法, 摄食和营养, 生长和存活的影响因子及附着和变态

5.1 基本方法	77
----------------	----

5.1.1 概述	77
5.1.2 胚胎和胚胎的培育	78
5.1.2.1 胚胎和幼虫的培养池	78
5.1.2.2 水处理	78
5.1.2.3 胚胎的培育	79
5.1.3 幼虫培育方法	85
5.1.3.1 幼虫培育前准备	86
5.1.3.2 幼虫培育管理	87
5.1.4 幼虫高效培养	89
5.1.4.1 高密度培养	90
5.1.4.2 流水培养	91
5.1.5 幼虫生长和存活	92
5.2 摄食和营养	94
5.2.1 概述	94
5.2.2 饵料投喂要点	95
5.2.3 饵料的组成和投放量	96
5.2.3.1 投饵方法	99
5.2.3.2 投饵量计算	100
5.3 影响生长和存活的因素	102
5.3.1 概述	102
5.3.2 温度和盐度的影响	102
5.3.3 海水水质	104
5.3.4 卵和幼虫质量	107
5.3.5 病害	110
5.4 附着和变态	111
5.4.1 概述	111
5.4.2 幼虫的成熟	112
5.4.3 幼虫的变态	113
5.4.3.1 幼虫变态的诱导	113
5.4.3.2 适宜附着基质	113
5.5 参考文献	118
 第六部分 育苗场的运作:在不同场所(育苗场,中间培育场,异地附苗场)培育稚贝的方法	
6.1 概述	123
6.2 幼虫的异地附着	125
6.2.1 背景	125
6.2.2 运输幼虫前的准备	126
6.2.3 安置地的准备	126
6.2.4 眼点幼虫到达后的处理	127
6.2.5 幼虫附着和稚贝培育	128
6.3 前期稚贝的培育方法	129
6.3.1 概述	129
6.3.2 稚贝培育系统	129
6.3.3 单体牡蛎的培育系统	130
6.3.4 封闭上升流系统的操作	133

6.3.5 封闭的下降流系统的操作	134
6.3.6 稚贝的分选和计数	134
6.3.7 流水培育的操作	136
6.4 前期稚贝的食物和摄食率	138
6.4.1 食物种类的组成	138
6.4.2 摄食率的计算	138
6.5 生长和存活	140
6.5.1 不同种类的生长	140
6.5.2 投喂量对生长的影响	141
6.5.3 温度和投喂量的共同影响	143
6.5.4 存活	143
6.5.5 苗种生产	144
6.6 稚贝培育	145
6.6.1 陆基中间培育场	146
6.6.2 驳船式的培育场	149
6.7 参考文献	150
第七部分 人工育苗展望：先进技术的开发	
7.1 遗传育种	155
7.1.1 多倍体育种	156
7.1.2 数量和分子遗传学	157
7.2 展望	158
7.3 参考文献	160

图录

图1: 1991年到2000年双壳类养殖和捕捞产量	1
图2: 1991年和2000年几种主要双壳贝类养殖和捕捞产量	2
图3: 世界各地现有的规模和复杂程度不一的双壳类育苗场	7
图4: 育苗场海水处理方法示意图	9
图5: 一般性的贝类育苗场的建筑平面图	11
图6: 硬壳蛤壳的内外形态	18
图7: 帘蛤属中一种蛤的软体部内部结构	18
图8: 牡蛎和扇贝的软体部照片	19
图9: 雌雄同体扇贝内部软体部的结构	19
图10: 大西洋海湾扇贝的配子发育期的卵巢组织切片的显微照片	21
图11: 大西洋海湾扇贝各个不同的发育阶段	23
图12: 贝类育苗中常用的两种单细胞微藻(A)等鞭金藻和(B)四片藻的光学显微镜图片, 及其相对个体大小	29
图13: 单细胞藻类生产程序	31
图14: 藻类生产过程中的各种必要条件	31
图15: 用于保存少量单细胞藻类的控光控温培养箱	32
图16: A - 接种箱示意图. B - 小型高温高压消毒器	33
图17: 一级培养所用的典型设施和日常操作	36
图18: 两种不同的二级培养容器:A:20升的圆底烧瓶 B:15 - 20升的细口玻璃瓶	37
图19: 大形绿色鞭毛藻的典型生长曲线, 说明单细胞藻类的生长时相	38
图20: 血球记数板上小格的划分	41
图21: 在贝类育苗场内使用的用于藻类细胞记数的电子颗粒计数器	42
图22: 藻类的大规模培育一般在大的圆桶或方形池内进行, 在其上方配备有照明灯	43
图23: 具有水冷却和内部照明的高效单细胞藻培养器	43
图24: 聚乙烯袋和太阳能级的玻璃钢圆柱形培养系统示例	44
图25: 培养系统的产量与输入的光能之间的关系	46
图26: 200升内照明培养系统中光照强度对产量的影响	47
图27: PHCD(A)和pH值(B)对细胞分裂速率的影响, 以及盐度(C)对四片藻生产量的 作用	48
图28: 四片藻在半连续培养条件下, 其产后密度与细胞产量、重量之间的关系	48
图29: 骨条藻在两个不同光照强度和硅浓度培养条件下, 产后细胞密度(PHCD)和产量 的关系	49
图30: 恒浊器式的藻类连续培养系统	49
图31: 微藻室外的大规模培养	51
图32: 典型的亲本促熟系统	56
图33: 性腺发育完全成熟的杂色海湾扇贝的解剖图	56
图34: 养殖蛤类中的常见种	57