



渔业管理 生物经济学

[美]Lee G. Anderson [墨]Juan Carlos Seijo 著
陈新军 丁琪 邹磊磊 刘淑艳译

Bioeconomics of Fisheries Management



科学出版社

ISBN-8103-10 079

渔业管理生物经济学

[美] Lee G. Anderson [墨] Juan Carlos Seijo 著

陈新军 丁琪 邹磊磊 刘淑艳 译

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是介绍渔业管理的生物经济学专著。重点介绍渔业生物经济学的基本原理和方法、公开入渔的动力学，阐述各种生物经济学模型，分析渔业管理中生态和技术上的影响，以及渔业资源管理过程中的各种风险和不确定性等。同时本书还配备了各章节的练习题（见CD），是一本很好的“渔业资源经济学”课程的参考书。

本书可供海洋生物、水产和渔业研究等专业的科研人员、高等院校师生及从事相关专业生产、管理工作的人士使用和阅读。

图书在版编目(CIP)数据

渔业管理生物经济学 / (美) 安德森 (Anderson, L.C.), (墨西哥) 塞若 (Seijo, J.C.) 著; 陈新军等译. —北京: 科学出版社, 2015.12

书名原文: Bioeconomics of Fisheries Management

ISBN 978-7-03-046780-5

I. ①渔… II. ①安… ②塞… ③陈… III. ①渔业管理-生物学-渔业经济学-研究 IV. F307.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 314985 号

责任编辑: 韩卫军 / 责任校对: 唐静仪
责任印制: 余少力 / 封面设计: 四川胜翔

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>

四川煤田地质制图印刷厂印刷
科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年1月第一版 开本: 787×1092 1/16

2016年1月第一次印刷 印张: 13 3/4

字数: 340千字

定价: 88.00元

序

这本书是两位作者之间长期协作的结果。它始于 20 世纪 90 年代中期团队在墨西哥、智利和中国台湾有关渔业管理教学过程中一系列的短期课程。写这本书的想法几乎是自然而然的结果。这样的努力，是一个漫长而艰苦的过程，因为它与我们正常的教学和研究活动同时进行，特别是这两个家庭都发生了严重的疾病。Anderson 负责第 2~7 章的撰写，Seijo 负责第 1 章、第 8~12 章的撰写。Seijo 准备了第 5 章的模拟模型，这一模型是年龄组讨论的基础，Anderson 则撰写了这一章的大部分文字内容，同时他对模拟模型进行了修改，主要是引入管理规则分析。

作者非常感谢各自所在的机构和 Wiley-Blackwell 出版社的支持。更为重要的是，我们非常感激我们的妻子和家人，感谢他们在撰写这本书的漫长过程中的耐心和支持。

这本书也献给 Lee G. Anderson 最好的朋友 Sheila, Juan Carlos Seijo 的家人和学生。

Lee G. Anderson

地球、海洋和环境学院

特拉华大学(University of Delaware)

美国特拉华州纽瓦克

Juan Carlos Seijo

自然资源学院

梅里达圣母大学(Marist University of Merida)

墨西哥尤卡坦半岛梅里达

译者序

渔业资源是自然资源的重要组成部分，其可持续开发和科学管理受到世界各国和相关科学家的重视。渔业资源开发和利用既涉及渔业资源的自然再生产过程，也涉及人类开发利用的过程，是一个综合的自然社会经济大系统，其优化配置存在很多影响因素和不确定性。当然，不同的管理方法对渔业资源的开发利用和配置是一个重要的影响因素。

美国特拉华大学(University of Delaware)地球、海洋和环境学院的 Lee G. Anderson 教授和墨西哥梅里达圣母大学(Marist University of Merida)自然资源学院的学者 Juan Carlos Seijo 从 20 世纪 90 年代中期以来，在墨西哥、智利和中国台湾等进行短期课程教学过程中，整理了《渔业管理生物经济学》(*Bioeconomics of Fisheries Management*)这本专著。该专著共分 12 章，较为系统地对渔业生物经济学的基本原理、公开入渔的动力学、最适动态利用、年龄结构生物经济模型、渔业管理过程、渔业管理规则、生态系统相互影响的生物经济学、生态和技术共同影响、渔业空间管理、季节性与种群长期波动、风险和不确定性等进行了分析。

上海海洋大学陈新军教授组织团队对该专著进行翻译。第 1 章至第 5 章、第 7 章、第 9 章、第 11 章、第 12 章和附录由丁琪、方舟和李纲翻译，第 6 章、第 8 章和第 10 章由邹磊磊和刘淑艳翻译。陈新军和盛国强对翻译进行了审核，全书由陈新军审定。该译著可作为《渔业资源经济学》教材的重要参考工具，也可作为从事渔业资源评估、渔业资源管理、渔业政策等领域的科研人员、行政管理人员的参考和学习资料。

在专著的翻译过程中难免会出现一些不足之处，希望得到读者和专家、学者的指教，以便在今后出版中得到进一步完善和补充。

陈新军

2015 年 8 月 25 日

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 为什么需要渔业管理和监管?	1
1.2 渔业中的社会陷阱和“搭便车行为”	2
1.3 自然因素引起的资源量变动	2
1.4 渔业生物经济学	3
参考文献	5
第 2 章 渔业生物经济学的基本原理	7
2.1 引言	7
2.2 Schaefer 逻辑斯谛增长模型	8
2.3 捕捞活动下的 Schaefer 逻辑斯谛增长	10
2.4 商业捕捞的详细分析	11
2.5 生物经济基本模型	14
2.6 收入函数和成本函数的推导	14
2.7 静态最大经济产量	15
2.8 开放式渔业的利用	16
2.9 公开入渔下的结构变化	18
参考文献	19
第 3 章 公开入渔的动力学	21
3.1 引言	21
3.2 生物经济平衡	21
3.3 达到平衡的过程	23
3.4 分类模型中的生物经济平衡	26
参考文献	33
第 4 章 最适动态利用	35
4.1 引言	35
4.2 非线性产量函数的一般模型	36
4.3 最适动态利用的形式分析	41
4.4 黄金法则的解释	44
参考文献	49
第 5 章 年龄结构生物经济模型	50
5.1 引言	50
5.2 年龄结构生物经济模型	52

5.3	年龄结构生物经济模型的详述	55
5.4	年龄结构模型的生物分析	60
5.5	年龄结构模型的种群动态	64
5.6	年龄结构模型的生物经济分析	67
	参考文献	70
第 6 章	渔业管理过程	72
6.1	引言	72
6.2	现代渔业管理的模式	72
6.3	模式发展的历史回顾	73
6.4	捕捞控制规则的详述	74
6.5	限制和目标捕捞量	77
6.6	系统不确定性下的蒙特卡罗结果	78
6.7	系统和执行不确定性下的蒙特卡罗结果	78
	参考文献	81
第 7 章	渔业管理规则的经济分析	82
7.1	引言	82
7.2	渔业规则的介绍	85
7.3	公开入渔制度	87
7.4	限制入渔控制	109
	参考文献	121
第 8 章	生态系统相互影响的生物经济学	124
8.1	渔业生态系统途径的当前挑战	125
	参考文献	127
第 9 章	生态和技术共同影响	129
9.1	隐性公式	129
9.2	生态相互影响种类的生长函数	130
9.3	案例 1: 竞争——Lotka-Volterra 模型	132
9.4	案例 2: 捕食者—被捕食者相互影响的生物经济学	139
9.5	案例 3: 不同捕捞能力和单位捕捞努力量成本的船队竞争同一种群	146
9.6	案例 4: 多物种、多船队渔业——一个船队偶然捕获其他渔业的目标种	151
9.7	案例 5: 小型和工业化船队连续性技术相关影响——一个年龄结构模型	156
9.8	年龄结构连续生物经济模型	157
	参考文献	160
第 10 章	渔业空间管理	161
10.1	单一种群的空间分布	162
10.2	港口到各渔区的距离	164

10.3	空间捕捞行为	165
10.4	渔业空间管理	171
10.5	一个源库结构的复合种群	173
10.6	关于源库结构的生物经济模型	175
10.7	渔业空间模型中的迁移	176
10.8	总结	177
	参考文献	178
第 11 章	季节性 与 种群长期波动	180
11.1	引言	180
11.2	补充季节性的建模	180
11.3	季节性捕捞努力量的最适分配	183
11.4	小型远洋渔业的长期模式	183
11.5	受环境影响的补充量的长期波动模式	187
	参考文献	189
第 12 章	风险和不确定性	191
12.1	气候变化增加了海洋渔业中的不确定性	192
12.2	指标、参考点、控制规则	193
12.3	案例 1: 为种群波动的渔业选择适宜的船队大小	194
12.4	贝叶斯方法	194
12.5	无数学概率下的决策标准	195
12.6	案例 2: 具有不同生物量极限参考点 LRP 的多船队渔业种群的恢复策略	197
12.7	种群恢复过程中超过产卵群体极限参考点的概率	200
	参考文献	200
附录 1	渔民空间行为三种可能策略的渔业空间动态	202
附录 2	模拟季节性补充	205
附录 3	模型公式和生物经济参数集汇总	206
	练习题 (CD)	

第1章 绪论

开展系统化的渔业研究，需要制定和检验各种渔业管理和监管办法，这必须整合资源生物学、生态学，并分析决定渔民的时间和空间行为的经济因素。管理和监管之间的区别将在下文讨论。不同鱼类资源的固有特性带来人类与之相互依存关系的不同情况。因此，对于具有不同的资源和社会背景的渔业，同一机构、同一管理或监管结构可能导致不同的结果。资源在空间和时间流动的程度以及小规模 and 工业船只的捕鱼自主程度为研究上述资源利用中的相互依存关系提供了方向。

现代渔业生物经济学能为渔业发展途径的探求提供深刻的见解，处理海洋渔业中产能过剩和过度捕捞的复杂问题，这些问题大多受到自然波动、沿海生态系统动态变化和缺乏稳定治理的影响。在“绪论”这一章里，我们要回答为什么需要渔业管理和监管这一基本问题，讨论鱼类种群的特点，以及由此产生的影响市场资源优化分配的参与者行为。同时，我们还将定义渔业生物经济学，并对本书涵盖的主题作一个简短的介绍。

1.1 为什么需要渔业管理和监管？

渔业资源利用情况可以通过控制实际和潜在的参与者的活动来改善，原因有很多。鉴于本书是关于生物经济学的，从这个角度出发，笔者认为缺乏适当的产权制度是影响渔业资源利用的非常重要的原因。虽然这里无法详细讨论这一主题，普遍的看法是，以建立激励机制，使资源利用获得最高价值为目标的产权，应具有以下特点(Randall, 1981; Schmid, 1987; Scott, 1989, 2008; Anderson and Holliday, 2007)。

排他性：这指在所用户自由选择使用或放弃下，拥有和使用产权确定的资源，所产生的产出大小。同样的，所有者也需要承担开发资源所需的成本。执行这些权利的能力是排他性的一个重要方面。有时可执行性作为一个单独的特性列举出来，它也指无外界干扰下使用和管理资源的能力。

持久性：即产权得以维持的时间。它的重要之处在于，资源合理利用的动机取决于所有者获利或者承担成本的时间长度。

产权的安全性：即权利免于受到剥夺或侵犯的程度。

可转让性：即转让产权的能力。这一点对于实现资源价值最大化非常重要。

正如下面将要详细讨论的，在开放式渔业中资源开发存在政府有效干预的情况下，这些特性不适用于渔业资源，特别是没有达到适用于其他自然资源的程度。这基本上意味着参与者不具有充分开发鱼类繁殖潜力的激励。正如我们下文证明的，设计监管程序，使它们能像产权一样产生激励，将取得很大成效。

谈到渔业管理和管制，有必要考虑渔业资源中影响短期和长期捕捞行为和开发模式

的其他方面和属性,不论有没有管制。其中,必须认识到的有:高排斥成本、高交易成本(信息成本和执法成本)、搭便车行为,以及社会陷阱(Seijo et al., 1998; Caddy and Seijo, 2005)。

高排斥成本:这意味着要保证只有产权所有者才能开发现有鱼类资源,并不容易。即使规定只有指定数量的参与者可以捕鱼,也不意味着其他的均能被有效地排除。由于大多数鱼种具有流动性和洄游性,导致在海洋渔业中实施产权和管制中不仅人力安排有困难,而且成本很高。为了使参与者数量和捕捞活动处于允许范围内,渔业管理和管制需要很高的执行成本。对于海洋(和许多大陆架)渔业,管辖的区域很大,传统的巡逻船操作变得无效且成本较高。在这种情况下,不可强制执行的权力成为一纸空文。

高信息成本:自然系统以及一系列生物、社会、政治和经济因素的不确定性增加了渔业管理的复杂性,因此需要一种预防性的渔业管理方法(FAO, 1996)。一般而言,即使在利益相关者合作的背景下,掌握正确的管理策略和相关规定的信息成本也非常大。评估渔业状态和维持它的生态系统所需信息的多学科性质需要包含自然和社会科学的跨学科方法。

此外,全面评估渔业和生态系统开发状态需要综合运用自然和社会科学的跨学科方法。本书是渔业跨学科分析的一个尝试,通过将生物、生态的原理和方法与渔业经济学合并起来,从而促进渔业生物经济学的进一步发展。

满足排斥性以及低信息和执行成本基本假设的困难,严重阻碍了产权的有效配置。固有的高排斥和交易成本和上述渔业特性需要我们超越“适当分配个人权利”的简单解决办法。无论是国内还是国际上,利益相关者之间的资源分配是最需要迫切解决的问题。

1.2 渔业中的社会陷阱和“搭便车行为”

我们应该认识到渔业通常面临社会陷阱的问题,这实际上就是在公开入渔情况下排斥性的缺乏。根据 Shelling(1978),当个体渔民的短期动机与自身或其他渔民的长期结果不一致时,就会产生社会陷阱。为了增加个人边际收益,短期动机倾向于捕捞尽可能多的鱼,而长期目标则是获得最大经济产量或最大可持续产量。未来可利用种群的不确定性导致长期利益通常被短期边际收益所取代。考虑到资源生产力和资源利用偏好的时间波动,只有限制渔民数量,且渔民均遵守某种形式的捕捞努力量规定时,才能获得渔业可持续产量(Seijo, 1993)。但是,如果渔民数量过多,某一渔民可能会成为一个无意的搭便车者或无贡献使用者。这种类型的人通常出现在大多数社区成员没有防止资源枯竭的自愿集体行为时,也会发生于种群资源量存在不确定性的时候(这种情况在海洋渔业中很常见)。

1.3 自然因素引起的资源量变动

除了捕捞对鱼类种群造成影响外,自然因素也会导致种群在短期和长期内波动。Soutar 和 Isaacs(1974)研究认为,对于大洋性资源,大幅度的种群波动甚至会发生于人类

捕捞之前, Lluch-Belda(1989)记录了东太平洋范围内与厄尔尼诺南方涛动有关的产量波动;且类似的气候因素已在全球范围内影响到海洋生产系统(Kawasaki, 1992; Klyash-torin, 2001)。在渔业文献中经常提及10年的周期性(Zwanenberg et al., 2002),但是Klyash-torin(2001)认为,周期为50~60年的生产力自然循环可能占主导地位,且长期波动很可能被气候变化所加剧。

现代渔业生物经济学应该综合原理、概念、分析及数据等技术,以研究分析渔业资源自然波动的动力学及其机制。

必须承认,沿海渔业资源也受到其他可能影响重要栖息地和/或生物过程的人类活动影响。事实上,随着半个多世纪以来渔业数据的积累,环境变化对渔业资源的作用和影响在近年来变得更为明显,但区分自然环境变化、捕捞影响以及其他人类活动的的能力仍然很薄弱。

在此背景下,渔业管理问题包含选择目标种群大小、达到或维持目标种群大小的捕捞时间路径等,是一个困难且复杂的过程。此外,渔业管制也同样困难,它包括如何控制捕捞活动,使得任意年份的期望产量与实际产量一致。其中一个问题是,尽管管理目标可以用年产量表示,但本书前几章中的时间路径轨迹将表明,渔业不是一个静态系统,某一时期的人类活动或自然事件会对未来产生影响,渔业管制也会造成这种影响。某一时期人类行为对资源量和船队的影响将会影响当前管理办法的效力和控制未来捕捞的能力。

总之,缺乏适当的产权制度可能是公开入渔制度下渔业资源被过度捕捞或者滥捕的主要原因。当然,还有其他的原因,其中有一些是由于产权的错误配置,进一步加剧了渔业资源的衰退。本书将会介绍渔业资源被“滥捕”的真正含义,并阐明这种现象发生在公开入渔中的原因,以及针对这种问题的一系列解决方案。

1.4 渔业生物经济学

渔业生物经济学(Clark, 1985; Anderson, 1986; Hannesson, 1993; Seiyo, 1998)是一门将渔民经济行为与生物学和生态学结合起来,并考虑空间、时间和不确定因素的学科。在生物经济模型和渔业分析中,上述因素的相对重要性取决于特定的渔业管理问题、资源的迁移程度和对环境的敏感性,以及渔民在时空上的可能行为。

为了解释上述渔业生物经济学的定义,本书涵盖了以下内容。第一部分是单一种群-单船队模型,除了绪论还包括第2~7章。第2章以Schaefer-Gordon模型为基础,介绍了渔业生物经济学的基本原理。主要目的是了解导致生物经济学过度捕捞的公开入渔的生物经济过程,阐述生物经济学过度捕捞意味着什么的问题,以及为什么个人的选择不会产生经济效益。第3章介绍了渔业动态的概念,分析了生物和经济因素使种群数量和捕捞努力量随时间如何变化。为了考虑个体渔船作业者的决策过程,还引入了一个分类模型,该模型有助于掌握渔业开发过程,这在考虑渔业资源管理时非常重要。第4章介绍了商业开发背景下鱼类种群动态的最适利用问题,讨论了最适种群和船队大小组合以及从其他组合向最适组合移动的时间路径。第5章以年龄结构模型为基础,单独考

虑补充量、个体生长和自然死亡率等因子来描述种群动态变化。在大多数情况下，遵循 Schaefer 模型的经济和渔业管理可以用年龄结构模型来表示。事实上，尽管这需要数值模拟而不是分析技术，但其能够推导出可持续收益和成本曲线，以及种群平衡和经济平衡曲线。由于能够分析首次捕捞的年龄以及不同种群补充量关系的特点，因此它能够提供额外的信息。但在大多数情况下，引入它的目的并不仅是学习渔业经济学，而是通过生物经济模型来回答管理问题。

第 6 章讨论了渔业管理和管制的任务。本章第一个任务是鉴于目前渔业的生物和经济状况选择理想的捕捞量。本章第二个任务是实施法规，使实际捕捞量与期望的捕捞量相符，同时考虑管理机构和参与者的成本，以及法规对参与者行为的短期和长期影响。我们把第一个任务叫做渔业管理，第二个任务叫做渔业管制。第 7 章对已经用来和可以用来管理渔业的不同类型法规和方法进行介绍、分析、对比。考虑到参与者可能的反应以及渔业资源利用中生物和经济的内在关联，这些管理办法和法规会对生物经济学有影响。本章强调，对规范渔业的分析与开放式渔业的分析类似，不同之处在于前者展示了法规限制下的不同时间路径。

第二部分包括第 8~12 章，主要介绍了多种群—多船队模型以及生态系统、空间、季节和随机变动、不确定性。第 8 章放宽了确定背景下单种群—单船队在空间上均匀分布的部分分析和数值生物经济进展的假设。基于生态系统的渔业管理涉及物种间沿着食物网的生态相互影响，了解它们的动态对于进一步了解渔民随时间的变化非常必要。然而，生物经济模型及分析与多种群及其生物生态联系的结合程度取决于：①为解决生态系统框架内渔业资源修复和可持续发展战略所提出的相关渔业和生态系统管理问题；②为解决所确定的相关问题，日益复杂的数学模型中参数估计所需的生物生态学和经济学数据的可用性；③这些复杂模型的假设和不确定性。考虑相关生态系统中的选定种群，我们还要考虑随时间的推移不同船队对它们的兼捕。

因此，第 9 章将单种群—单船队生物量动态和第 2~5 章讨论的年龄结构生物经济模型扩展为考虑种类和船队间生态技术相互影响的多种类多船队渔业。在建立渔业生态系统管理的过程中，识别和考虑渔业中相关的生物/生态关系或一组相互影响的渔业成为首要解决的事情。考虑船队间和渔业间可能的技术间相互影响同样重要。这种情况发生在多船队竞争同一种群、多种群渔业偶尔捕获其他渔业的目标种，随时间影响种群结构不同部分的具有不同捕捞能力、渔具选择性、捕捞努力成本船队的连续性渔业中。

第 10 章综述了掌握海洋渔业资源丰度的空间异质性以及捕捞强度随时间的相应空间行为的必要性。鉴于种群在空间上均匀分布的假设对定居种和许多弱移动性的底层资源不适用，所以本章将探讨动态池假设对高估种群资源量的影响与空间建模问题。负责任的空间管理和渔业建模需要了解物种的空间行为，它们在时间和空间相应丰度异质性以及生态系统框架内的相互依存关系。它还涉及对决定空间捕捞强度的渔民行为的正确理解。最后一方面是渔业经济学的基础，主要探讨渔民捕捞行为在时空上的动机。本章还讨论利用海洋保护区对单种群以及具有关联种群进行空间管理。

第 11 章介绍了在渔业生物经济分析中引入种群季节性和长期波动模式的方法。在本章的第二节，我们利用一个包含季节性产卵、孵化和补充过程的年龄结构模型讨论了开

放入渔下捕捞努力量季节性管理的问题。在第二节,我们利用一个周期性变化的环境容纳量模拟了种群波动的长期动态。此外,还提出了一个受环境驱使的以年龄结构为基础的生物经济模型,以应对长期海洋生产力模式和环境条件,这通过一个环境驱使的补充函数来实现。

最后,第12章介绍了海洋渔业的不确定性和风险分析。过去几十年的渔业管理已经认识到种群动态被信息不完整的因素所影响,在种群动态和生物经济分析中有用的生物/经济因素往往是未知的或其相关性不明确。正如第9章所述,捕捞某一特定的目标种群可能会被物种和船队间发生的生态和技术因素所影响。空间复杂性类似第10章中介绍的,不仅涉及掌握和估计资源和渔民行为在时空上的变化,还包括了解海洋动力学过程[分散的幼虫最终会定居在源或库区域(sources or sink areas),该区域栖息地和食物可获得性对定义复合种群动态至关重要]。种群动态被周围生态系统所影响的程度通常很复杂,应该予以考虑。环境波动在局部和全球范围内如何影响鱼类种群在很大程度上还是未知的。除了已观察到的这些波动的周期性,它与渔获物的相关性也在最近被确定了,但其潜在的因果机制尚未被合理的解释。

渔业管理必须认识到的不仅仅是鱼类种群数量变化的复杂性,而且还应该认识到空间和时间的渔民行为是难以预料的,要有效地避免或减轻过度捕捞及产能过剩。渔业管理需要详细了解影响捕捞行为的因素,这些因素又会因渔民的文化背景和环境、渔业技术运用、影响其遵守适当监管机制的看法和行为而不同。

本书的另一个重要部分是设计的一系列习题(见书后CD),它们有助于理解书中的内容,并对其进行了扩充和拓展。习题以Excel电子表格的形式出现,可做图形分析。这有助于理解参数变化是如何影响分析的。在许多情况下,采用了仿真模型,以更详细地呈现开放和规范渔业的动态。除了满足教学的目的,希望这些仿真模型可以成为动态模拟研究更进一步的跳板。

参 考 文 献

- Anderson L G. 1986. Economics of fisheries management. John Wiley & Sons, New York.
- Anderson LG, Holliday M. 2007. The design and use of limited access privilege programs. US Department of Commerce, NOAA Technical Memorandum NMFS-F/SPO-86.
- Caddy J C, Seijo J C. 2005. This is more difficult than we thought! —The responsibility of scientists, managers and stakeholders to mitigate the unsustainability of marine fisheries. The Royal Society, London, UK 360(1453): 59–75.
- Clark C W. 1985. Bioeconomic modelling and fisheries management. John Wiley & Sons, New York.
- FAO. 1996. Precautionary approach to fisheries. FAO Fisheries Technical Paper, 350: 210
- Hannesson R. 1993. Bioeconomic analysis of fisheries. Fishing News Books, Blackwell, Oxford.
- Kawasaki T. 1992. Mechanisms governing fluctuations in pelagic fish populations. South African Journal of Marine Science, 12: 321–333.
- Klyashtorin L B. 2001. Climate change and long-term fluctuations of commercial catches. FAO Fisheries Technical Paper, 410: 86
- Lluch-Belda D, Crawford R, Kawasaki T, et al. 1989. World-wide fluctuations of sardine and anchovy stock: The re-

- gime problem. *South African Journal of Marine Science*, 8: 195–205.
- Randall A. 1981. *Resource economics: an economic approach to natural resources and environmental policy*. Grid Publishing Inc., Columbus, Ohio.
- Schmid A A. 1987. *Property, power and public choice*. Praeger Publishers, New York.
- Scott A. 1989. Conceptual origins of rights based fishing. In: Neher P A, Arnason R, Mollett N(eds), *Rights Based Fishing*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Scott A. 2008. *The evolution of resource property rights*. Oxford University Press, Oxford.
- Seijo J C. 1993. Individual transferable grounds in a community managed artisanal fishery. *Marine Resource Economics*, 8: 78–81.
- Seijo J C, Defeo O, Salas S. 1998. *Fisheries bioeconomics: theory, modelling and management*. FAO Fisheries Technical Paper, 368: 108
- Shelling T C. 1978. *Micromotives and macrobehaviour*. W. W. Norton and Company, New York.
- Soutar A, Isaacs J D. 1974. Abundance of pelagic fish during the 19th and 20th centuries as recorded in anaerobic sediment off the Californias. *Fishery Bulletin*, 72: 257–273.
- Zwanenberg K C T, Bowen D, Bundy A, et al. 2002. Decadal changes in the Scotian Shelf large marine ecosystem. in: Sherman K, Skjoldal H R(eds), *Large Marine Ecosystems of the North Atlantic*. Elsevier Science, Amsterdam, 105–150.

第 2 章 渔业生物经济学的基本原理

2.1 引言

一个渔业由两部分组成，即一个鱼类种群或者多个鱼类群体，以及对它们进行开发和利用的企业。这可以是一个非常简单的系统，如某一港口由相同渔船组成的船队开发单一种群；也可以是一个复杂的系统，如不同港口的船队运用不同的捕捞技术捕捞生态相关的几个种群。本书分析了许多不同类型的渔业，但本章的目的在于用一个简单的模型提供一个基本分析。尽管简单，其结果通常适用于更复杂且更现实的系统。渔业的基本原理可以用图 2.1 描述。

首先，一种鱼类资源以生物量来衡量，是该系统的自然资本。繁殖和补充新个体的能力、个体生长率、自然死亡率、捕捞死亡率均影响其收益大小。若新个体的补充量和现存个体的生长所增加的生物量大于由于自然死亡率和捕捞死亡率所减少的生物量，种群数量就会增加。

其次，渔船是渔业的人造资本，它通过捕鱼为市场提供鱼类为船主提供净收益。收益与生产函数(种群大小、渔船活动和产量之间的关系)、投入成本、鱼价有关。船队大小随着净收益的大小而变化。若总收益大于总成本，渔船数量增加；若总收益小于总成本，渔船数量减少，船主将渔船用于其他用途或直接退出渔业。

渔业生物经济学的目标之一是为了说明在船队和种群大小的相互作用下渔业如何运转。若任其自由发展，渔业中的捕捞努力量将过剩，导致种群数量过低。决定“过高”和“过低”的标准也是目标的一部分。第二个目标是对参与者进行管理，从而获得期望的捕捞努力量，很显然实现该目标是一个持续的过程。尽管如此，渔业生物经济学在制定实际渔业管理政策上仍是一个非常重要的工具。

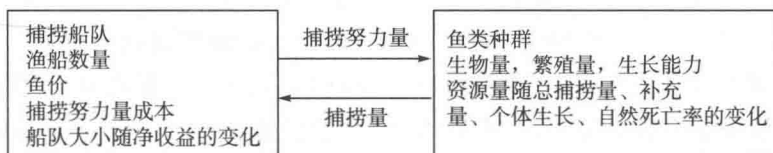


图 2.1 渔业的基本原理

为了了解渔业的运作，需要详细说明上述过程的关系。首先，什么是种群动态变化？存在和不存在捕捞活动时，鱼类种群如何随时间而变化？其次，捕捞量函数是什么？一定资源量下的投入和捕捞量关系？最后，在一定的鱼价和成本下，捕捞努力量与净收益的关系如何？

很显然，上述关系在不同渔业中有所不同，它取决于渔业资源的类型、捕捞技术、

产品类型、销售市场。为了掌握某特定渔业的行为，根据各方面的知识和特定数据的可获得性，用于渔业建模的关系必须尽量与渔业情况相符。出于教学的目的，本书先从这些关系中一些相对简单的假设开始，这将更容易得到一些重要的结论。随着讨论的深入，我们将逐渐引入一些更复杂的关系。

2.2 Schaefer 逻辑斯谛增长模型

鱼类资源通常以单位为 t 的生物量来衡量。鱼类种群的增长是补充所增加的新个体重量，以及因衰老、疾病、捕食所导致的个体减少和个体生长所产生的净重量。当补充量和个体生长所获得增量大于自然死亡时，资源量就增加；反之亦然。当补充量和个体生长所获得的增量等于自然死亡引起的减少量时，鱼类种群就达到平衡。

Schaefer 逻辑斯谛增长模型是一个简单的数学公式，该公式能够得到实际渔业种群动态的很多数据。它假定补充量、个体生长和自然死亡能够同时用逻辑斯谛(Logistic)增长公式来表示。该模型是基于 Verhulst(1838)的研究成果，但通常认为是 Schaefer 创造出的，因为他最早使用生物经济模型。该模型假设种群生物量的瞬时增长 X_t 可表示为

$$\frac{dX}{dt} = G(X_t) = rX_t \left(1 - \frac{X_t}{K}\right) \quad (2.1)$$

其中， r 是种群内禀增长率； K 是环境容纳量。

公式的第一项 rX_t 表明增长量与资源量成正比；公式的第二项 $[1 - (X_t/K)]$ ，增长量随着种群密度的增加而减少。当资源量等于环境容纳量时，资源量不再增加。其综合效果是一个倒“U”型增长曲线，即增长量最初随着资源量的增加而增加，但最终降为零。求公式(2.1)的一阶导数，得到最大增长率，令其为 0，解 X ，忽略时间下标，可得

$$r - \frac{2rX}{K} = 0 \quad (2.2)$$

解 X 得

$$X_{MSY} = \frac{K}{2} \quad (2.3)$$

利用表 2.1 中的参数集，将 $K/2$ 代入公式(2.1)，得到最大增长率等于 $rK/4$ 或 7 500 t，其中 r 等于 0.3， K 等于 100 000。图 2.2 表示增长曲线的形状。最大增长量 7 500 t 对应资源量等于 50 000 t。曲线可以解释如下，由于补充量增加，使得低资源量时的增长量随着资源量的增加而增加；而群体中个体数量越多，对个体增长的影响也越大。

在某点之后，资源量开始接近环境容纳量，补充量和个体增长减少，自然死亡增加。在该范围内，净增长量与资源量呈负相关，并最终为 0。

表 2.1 Schaefer 逻辑斯谛增长模型参数集

		符号	值
生物参数	内禀增长率	r	0.3
	环境容纳量/t	K	100 000

续表

		符号	值
	鱼价/美元	P	\$ 17
经济参数	单位捕捞努力量成本/(美元/单位努力量)	C_E	\$ 25
	可捕系数	q	0.000 05
平衡值	最大可持续产量/t	Y_{MSY}	7 500
	生物经济平衡产量/t	Y_{BE}	6 228
	最大经济产量/t	Y_{MEY}	6 851
	最大可持续产量时的资源量/t	X_{MSY}	50 000
	生物经济平衡时的资源量/t	X_{BE}	29 412
	最大经济产量时的资源量/t	X_{MEY}	64 706
	最大可持续产量时的捕捞努力量	E_{MSY}	3 000
	生物经济平衡时的捕捞努力量	E_{BE}	4 235
	最大经济产量时的捕捞努力量	E_{MEY}	2 118

Schaefer 增长模型曲线的形状取决于参数 r 和 K 的绝对和相对大小。当 K 相同时, r 越大种群数量增长越快; 当 r 相同时, K 越大将会使增长率正值范围增大, 并使种群增长率增大。

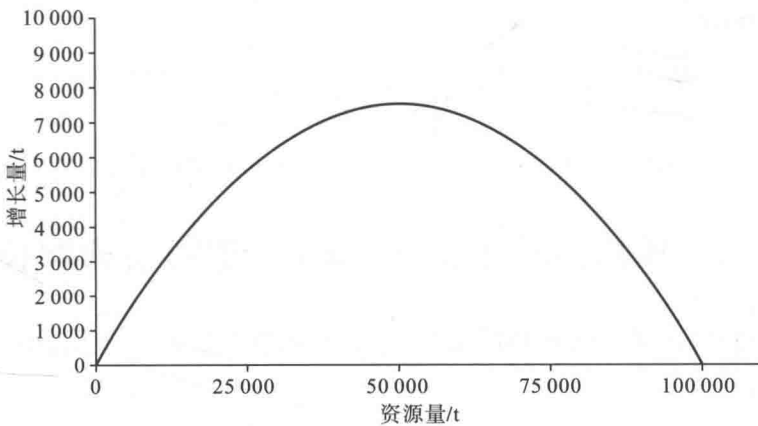


图 2.2 Schaefer 逻辑斯谛增长模型曲线

渔业管理中的一个关键问题是资源量随时间的变化情况。尽管一些细微的差别在本书的后面部分变得明确, 但在大多数情况下, 未开发鱼类种群的大小会根据下面的离散关系随时间变化:

$$X_{t+1} = X_t + G(X_t) \quad (2.4)$$

也就是说, 无捕捞活动下第二年的资源量等于第一年种群数量与观测期间种群增长量的总和。对于 Schaefer 模型, 当 X_t 等于 K 时, 种群达到平衡。因为此时 $G(K) = 0$, 所以 $X_{t+1} = X_t$ 。