

中国现代科学全书 ● 农学
CHINESE ENCYCLOPAEDIC SERIES OF MODERN SCIENCES ● AGRONOMY

● 邓景耀 叶昌臣 著

渔业资源学

SCIENCE OF FISHERY RESOURCES

重庆出版社

中国现代科学全书·农学

渔业资源学

邓景耀 叶昌臣 著

重庆出版社

图书在版编目(CIP)数据

渔业资源学/邓景耀,叶昌臣著. —重庆:重庆出版社,2000.12
(中国现代科学全书)

ISBN 7-5366-5109-0

I. 渔… II. ①邓…②叶… III. 水产资源-农业科学
IV. S931

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 58164

中国现代科学全书·农学

渔 业 资 源 学

邓景耀 叶昌臣 著

出版·发行/重庆出版社

经销/新华书店

印刷/北京兴谷印刷厂

开本/850×1168 毫米 1/32

印张/12.75

字数/311 千字

印数 1-3,000 册

版本/2001 年 1 月北京第 1 版

2001 年 1 月第 1 次印刷

网址:<http://www.cesms.com.cn>

电话:010-64851686

书号:ISBN 7-5366-5109-0/S·81

定价:25.00 元

出版声明/版权所有,翻印必究。

中国现代科学全书总编辑委员会

名誉主编	胡 绳	钱伟长	吴阶平	周光召
	许嘉璐	罗豪才	季羨林	王大珩
	郑必坚			
主 编	姜士林	郭德宏	刘 政	程湘清
	卞晋平	王洛林	许智宏	白春礼
	卢良恕	徐 诚	王洪峻	明立志

(副主编和编辑委员名单容后公布)

农 学 编 辑 委 员 会

名誉主编	卢良恕	吕飞杰	
主 编	信乃谔		
编辑委员	(以姓氏笔画为序)		
	方智远	邓景耀	庄巧生
	刘焕亮	朱显谟	余松烈
	吴常信	李德葆	刘更另
			沈荣显

水 产 学 编 辑 委 员 会

主 编	刘焕亮	
编辑委员	(以姓氏笔画为序)	
	王如才	邓景耀
	史为良	叶昌臣
	黄锡昌	

目 录

第一章 概论	1
第一节 定义和研究内容	1
第二节 渔业资源学的历史发展	6
第三节 种群、群落和生态系统	21
第二章 中国的渔业资源	61
第一节 内陆水域渔业资源	64
第二节 海洋渔业资源	76
第三章 种群动态	99
第一节 自然动态特征	99
第二节 影响因素	103
第三节 捕捞过度	133
第四节 脉冲式捕捞	139
第五节 渔业预报	145
第四章 生物经济	173
第一节 资本特性	173
第二节 开放式渔业	176
第三节 受控渔业	180
第四节 两种渔业的比较	182
第五节 贴现率影响	185

第六节 渔业的供给与需求·····	201
第五章 多种群渔业·····	210
第一节 概念·····	210
第二节 生物学相互影响·····	212
第三节 经济学上相互影响·····	221
第四节 生态系统模型·····	229
第五节 最佳捕捞力量·····	236
第六章 渔业资源管理·····	240
第一节 渔业决策·····	240
第二节 渔业管理·····	260
第三节 海蜇渔业的管理·····	271
第四节 资源动态监测·····	275
第七章 渔业资源增殖·····	284
第一节 定义和发展·····	284
第二节 增殖渔业·····	294
第八章 21 世纪渔业资源学发展趋势 ·····	362
第一节 渔业资源评估和管理的研究·····	363
第二节 渔业生态系统健康状况评估、监测和优化 ·····	367
第三节 渔业资源补充量动态和优势种交替机制的 研究·····	372
第四节 渔业生物资源的可持续利用·····	377
参考文献·····	381

第一章 概论

第一节 定义和研究内容

一、定义

进入 20 世纪,随着生物学,生态学等学科的迅速发展,渔业资源学的研究也发生了质的飞跃,现代渔业资源研究始于欧洲的北海,随后在加拿大、日本以及其它沿海国家也开展了有关的研究,当时多数学者都是根据其研究对象的生物学和数量动态特征提出了相应的既有“多样性”又有局限性的理论或者学说。为了确定渔业资源学的定义,应当先把有关的经典著作及其主要论点作一复述,如拉塞尔(Russell, 1932)的《渔业研究》(Fishery Research),认为它是生态学的一个领域,并把影响鱼类群体数量变动的补充、生长、自然死亡和捕捞死亡的四项因素模型化。波里(Pauly, 1984)则说:“种群数量变动可以简单地定义为上述四项基本因素的数量研究”。戴蒙德(Dymond, 1948)的《鱼类种群研究》(Study of Fish Populations)、贝佛顿—霍尔特(Beverton, Holt, 1957)的《开发的鱼类种群数量变动》(On the Dynamics of Exploited Fish populations)、库欣(Cushing, 1968, 1981)的《渔业生物学—种群数量变动的研究》(Fishery Biology—A Study in Population Dynamics)明确定义渔业生物学包括种群的自然生活史(繁殖、摄食、生长和洄游)和种群数量变动(死亡、补充、资源评估和管理)研究这两个领域,认为渔业生物学是从鱼类资源动态的观点描述各种渔业,而生态学又是种群动态研究所不可缺少的。格兰德(Gulland, 1977, 1983)的《鱼类种群数量变动》(Fish population dynamics)和《鱼类资源评估》(Fish Stock Assessment),认为“虽然对资源评估的问题

已谈得很多,但对其涵义还没有清楚的定义,其定义可能与资源评估专家一样多。此外俄国学者蒙纳斯蒂尔斯基(Г. Н. Монастырский, 1952)和尼科里斯基(Г. В. Никольский, 1965)的《鱼类种群数量变动》(Терия Динамики Стада Рыб),在将后者译成中文时,我国大陆学者译为《鱼类种群数量变动》,而台湾学者则译为《水产资源学》。同样地,使用汉字的日本学者一相川広秋于1941年首先写了《水产资源学》一书,后来于1949年和1960年再版时又改为《水产资源总论》和《资源生物学》,并将其定义为:具有数量概念的水产生物(有经济价值和相当数量)的研究成为水产资源学概念的中心,而群聚生理学、生态学和定量胚胎学为必要的辅助学科。久保、吉原(1957, 1969, 1972)也使用了水产资源学这一名称,认为:水产资源学、渔业生物学、水产资源生物学是维持、培养水产动植物资源的科学知识的一个体系,是渔业科学的主要领域之一,其内容包括生物学和数理科学关联的两个方面,生物学是基础,主要研究鱼类资源的种类组成、洄游分布、年龄生长、繁殖、死亡以及资源数量变动原因和机制,资源量评估,最适渔获量的确定和资源管理、增殖等。田中(1973, 1985)主编了《水产资源论》一书,并撰写了《水产资源学总论》,全书讨论了与资源管理目标有关的水产资源数量变动的问题,认为:水产资源学主要是应用生态学基本原理,是水产科学的一个分支,是一种水产技术基础学。土井(1975)还引入了“水产资源力学”这个概念。川崎(1982)认为“水产资源学是为合理的渔业生产提供科学基础的应用生态学的一个领域,而不是单纯的生态学,因为其除了与生态环境密切相关外,还包括了人为捕捞的问题”。里克(Ricker, 1977)使用了渔业科学(Fishery Science)一词主要探讨了捕捞力量和方式对渔获物的数量和质量的影响,也包括了鱼类资源产生的机制和个体数量调节的过程等。

从上述论述中可以看出:对渔业生物学、水产资源学、种群数

量变动等所作的定义文字上虽然不同,但是从本质上,具体内容上分析则大同小异,即该学科属应用科学的范畴,研究的主要目的是为渔业开发和管理,渔业资源的最佳和可持续利用提供科学依据。我国的学者费鸿年等(1990),叶昌臣等(1990)和邓景耀等(1991)前后分别编写了《水产资源学》、《渔业生物数学》和《渔业生物学》三本渔业资源研究的专著,三本书的书名和书写的形式和侧重点不同,但研究的方法和内容是一致的。都是根据40年来我国在大陆架水域进行的渔场环境、试捕调查和生物学取样获得的基础资料,运用生物统计和渔业统计技术,还采用了现代技术理论和方法,包括声学资源评估技术、计算机技术以及种群动态理论建立数理模型等,从理论和应用两个方面形成了完整的中国渔业资源学科研究体系。费鸿年等(1990)认为:水产资源学是研究水产资源在自然环境中数量波动规律,以及加入人为作用交互效应下的数量变动规律,并利用这些规律为合理的渔业提供依据的科学。叶昌臣等(1990)认为:渔业的发展过程由资源开发、管理和增殖三个部分组成,而在资源开发利用过程中都将涉及渔业资源评估。渔业资源评估大体上指的是在理想种群条件下考察捕捞方式对种群数量的影响,在个别情况下可以检出环境对种群数量的影响,提出合理利用渔业资源的科学证据和相应的管理策略、范围及对资源前景的预测。而邓景耀等(1991)则认为渔业生物学主要是研究种群的繁殖、摄食、生长、死亡、补充、洄游分布和数量变动及其与渔场环境和捕捞的关系,还可以包括资源量的评估、资源管理和增殖。日本学者能势幸雄等(1988)认为:水产资源学包括欧美学者所称的渔业生物学(Fishery biology)和鱼类种群动态(Fishery population dynamics)两部分,前者偏重于生态学方面,皮切尔和哈特(Pitcher and Hart, 1982)称之为《渔业生态学》(Fisheries ecology),后者则为水产资源的数理学,叶昌臣等(1990)称之为渔业生物数学,也可称为水产资源动力学或水产资源解析学。费鸿年(1990)

沿用了日文中《水产资源学》的书名,本书改用《渔业资源学》,与之对应的英文名为“Study of Fisheries Resources”。名称不同书写的格式不同但其含义和研究的主要内容应当是相同的。渔业资源学属于渔业科学和生态学有关的应用科学的范畴,研究的中心内容是渔业生物资源群体的变动规律,主要目标是为渔业水域及生物资源的持续利用,渔业生产的健康发展提供科学依据。渔业资源学研究紧密联系渔业生产和管理的实际,不仅研究与环境、捕捞和增殖有关的生物学问题,还很自然地涉猎与渔业有关的政治、经济和社会等方面的问题。

鉴于资源和环境保护与管理在可持续发展中的重要地位,20世纪末形成了一个新的学科——自然保护学或称保护生物学。而群生物学种、生态学种或称渔业资源学则是保护生物学的核心。这是一门由许多基础学科综合形成的新兴学科,具有理论和管理科学双重特征。作为基础学科它为资源管理的各应用领域提供原理和新方法,又从应用领域获取经验进而影响基础学科的研究方向(如图1-1)。

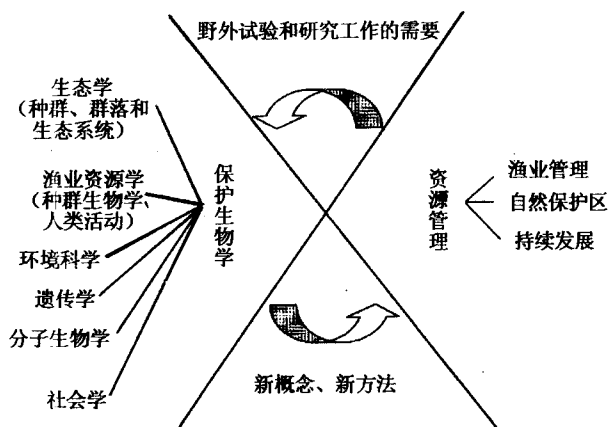


图1-1 相关学科及其关系(摘自:Primack, R. B., 1993)

二、主要研究内容

1. 摸清渔业生物的种群结构早期生活史和繁殖、摄食、生长、死亡、补充、洄游、分布等生物学特性。

2. 种群数量动态规律的研究,包括资源量变动的原因、补充机制、资源量的评估。

3. 渔业水域栖息地生态环境,包括水利农田建设、环境污染、富营养化、赤潮的发生以及栖息地关键动力学过程,与早期发育阶段的关系及其影响机制,研究水文、气象、海流等环境因素与渔业资源集群、洄游分布的关系,为渔业生产提供有效的渔情、渔汛和渔场预报。

4. 研究捕捞方式、强度对种群数量、年龄组成、补充和群落结构及其动态特征的作用和影响机制,有利于确定保护对象及捕捞限额、最适产量,提供可靠的数量预报,为渔业资源管理和持续利用提供科学依据。

5. 渔业水域生态系统的结构与功能的研究,以保持渔业生物群落结构的多样性和稳定性为基础,研究水域的生产力、种间或各营养阶层之间的物质和能量的动态关系。生态系平衡的调节机制,保护生态环境和生物多样性、重组和优化生态群落结构,充分发掘水域的生产潜力,保证渔业环境和生物资源的可持续发展。

6. 渔业资源是再生资源,资源的开发、管理和增殖涉及到资源分享、就业、投入和产出等经济社会诸多方面的平衡和矛盾,不能单从生物学因素来考虑渔业问题。

7. 采用先进的电子计算机,数理分析和声学资源评估技术,定量的研究和数学模拟种群、群落和生态系统的动态特征。

费鸿年等(1990)制作了一个示意图(图 1-2),简明概括了渔业资源研究的主要内容、过程和目标。

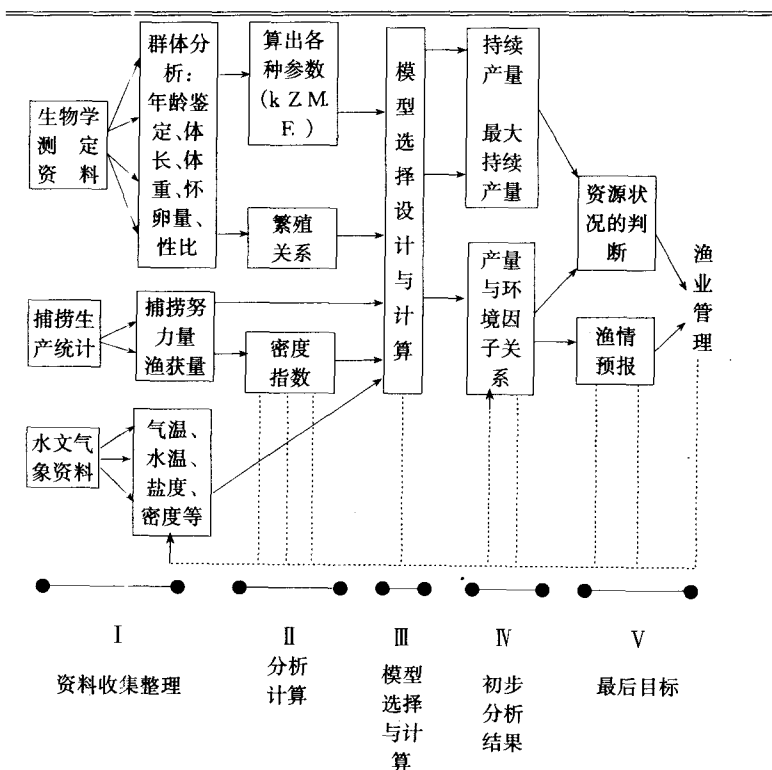


图 1-2 渔业资源学研究内容和过程示意图 仿费鸿年 (1990)

第二节 渔业资源学的历史发展

一、20 世纪渔业资源学在国外的的发展

在人类历史上,渔先于农,在有文字记载之前,渔猎就已经成为人类谋生的手段并存。鱼类学作为生物学的一个组成部分始于 18 世纪,但是直至 19 世纪中叶才开始进行有组织、有目的的渔业资源调查研究工作,伴随着调查取得的不同的成果提出了有关渔

业资源变动的理论和学说,逐渐形成渔业资源学。

1883年英国著名的生物学家达尔文的继承人赫胥黎(T. G. Huxley)主持调查了北海鱼类资源,认为鱼类特别是海洋鱼类资源是取之不尽的。19世纪末人们首先发现内陆水域尤其是俄国等欧洲地区的湖泊渔获量和捕捞生产率下降,以及渔获物组成开始发生变化的事实,向赫胥黎的“资源无尽藏论”提出了挑战,这就向渔业科学提出了查明鱼类资源数量变动的原因以及如何防止资源下降的任务。一些国家相继成立了国家和国际渔业科研机构,如1902年正式成立了由西北欧国家参加的“国际海洋考察理事会”(ICES),专门研究了北海经济鱼类渔获量下降的原因,而且提出了有关保护鱼类资源的理论、学说和具体措施。

从19世纪末至20世纪初是渔业资源数量动态早期研究最为活跃的时期,一些德国、挪威、丹麦、俄国和英国学者根据其对各种不同的种类进行调查所取得的渔业生物学和渔捞统计资料,提出了各种互有异同的理论和学说,从不同的角度论述了环境条件变化,特别是捕捞对鱼类资源数量变动的影响。

最早涉足鱼类数量动态研究的学者是德国的海因克(Fr. Heinke, 1898),他是鱼类生活史研究的开创者,对大西洋鲱生活史和鲱类生长与密度关系进行了深入的调查研究工作。首先把渔业生物学和渔捞统计资料结合起来,研究种群数量动态,并据此提出了“繁殖论”,他认为由于种群分布区域的局限性以致种群数量和年龄组成的变化主要取决于捕捞强度,捕捞强度加大必然导致渔获量下降,鱼体小型化、低龄化。同时,他认为某种鱼类的每个个体在遭到捕捞之前,只要有一次产卵的机会,渔业就有足够的基础,就可以防止渔获量下降,因而提出了限定最小可捕长度的方法保护资源。

渔业研究和海洋生态学的开创者之一丹麦学者彼德森(C. G. S. Peterson, 1899)根据北海比目鱼的研究成果,提出了与海因

克的繁殖论相反的“稀疏论”或“生长论”，认为捕捞是引起种群数量变动的主导因素。他特别重视决定鱼类生长速度变化的饵料基础的作用，并把鲱类生长速度变慢解释为是鱼群密度过大，饵料供应不足（挨饿）引起的。认为，种群应该保持不妨碍其生长的适当的密度，捕捞可以人为调节或稀疏鱼群的密度从而改善鱼群的索饵条件，有利于鱼类的生长。鱼类资源在很大的程度上能适应捕捞的影响，如果捕捞强度降低则鱼群密度增大，鱼类生长变慢；反之加强捕捞可使鱼群密度变小，个体生长加速，渔获量相应增加。根据上述理论，1892—1908年，他还将英国北海的幼鲱移植到丹麦饵料较丰富的林峡湾（Linfjord）并最终形成了该海区的鲱鱼渔业。

俄国学者巴拉诺夫（Ф. Н. Баранов）是首先把数学分析方法引入渔业资源研究中的学者，1918年发表了《论渔业生物学基础问题》一书，接受了彼德森上述的论点，首次使用了计算产量的数学模型，提出了“最适渔获论”，认为水域的饵料生物可以维持一定数量的鱼类生存，捕捞可使鱼类资源数量减少，因此水域中空出的一部分饵料可以使新出生的鱼类得以增重。如果每年的渔获量等于群体的增长量时，那么种群的资源量就会处于稳定（平衡）状态。在饵料基础和其它外界条件不变的情况下，捕捞是引起种群数量变动的主要原因，同时还提出建立合理渔业的原则。

挪威学者约尔特（J. Hjort，1914）创立了“波动论”。他是在研究鳕鱼和大西洋鲱的生活史，用标志放流的方法查明了鳕鱼的种族和洄游分布，采用渔获量生物统计并根据鱼类年龄测定和组成资料，分析研究了挪威沿岸鳕鱼和大西洋鲱渔获量年间的变动是众多的发生量较大的世代波动的结果。渔业上出现的每一个丰产世代对渔获量的影响会持续几年，世代的发生量越大，持续的时间越长。他虽然没有发现发生量和世代产量之间的依存关系，但却认为：早期生活阶段的仔、幼鱼的成活率取决于产卵场栖息地饵

料生物的数量和海流、水温、盐度等非生物因素。建立在种群生物学基础上的这种研究方法在对种群的渔获组成进行世代分析的基础上,查明种群世代的相对数量的变化,作为渔获量预报的根据在世界各国得到了广泛的应用和发展。

英国学者拉塞尔(E. S. Russell, 1931, 1939, 1942)的三篇重要论著,在建立渔业资源群体数量变动一般模型的同时,对渔业特别是捕捞过度的问题作了深刻精辟的论述,进一步发展了巴拉诺夫的“最适渔获论”并把决定种群数量的补充、生长、自然死亡和捕捞死亡等四项基本因素概括并模型化。它假定某一水域捕捞群体初始的资源量为 N_0 , 年末的资源量为 N_t , R 代表补充量, G 为捕捞群体的年增长率, C 为渔获量, M 为自然死亡值,可用下式表达:

$$N_t = N_0 + (R + G) - (C + M)$$

从式中可以看出,当 $(R + G) < (C + M)$, 则捕捞群体的年末资源量减少, $(R + G) = (C + M)$ 时,资源量保持稳定或平衡,而当 $(R + G) > (C + M)$ 时,资源量增加。还可文字表述为:一个群体在自然状态下,群体数量取决于有两种相反的因素,一为群体本身繁殖补充和生长的资源量增长的因素;一为各种自然的原因引起的自然死亡和人为捕捞死亡形成的资源量减耗的因素。上述四项因素至今仍为渔业资源研究和评估中通常使用的重要生物学参数。拉塞尔认为,在捕捞的影响下, R , G 和 M 依渔获量(C)大小为转移,捕捞强度低时,资源量增加,鱼类生长速度减慢,自然死亡增大,补充量亦小;捕捞强度增大时,为剩余群体空出了较大空间,生长和补充速度加快,自然死亡减少;捕捞过度时,亲体数量减少,补充速度减慢,自然死亡减少,渔获物组成低龄化。如果自然死亡不大于渔获量,捕捞群体有足够的补充量,资源量处于平衡状态,能够取得最大渔获量的捕捞力量是最适的捕捞强度,每一个种群都应有一个与一定的捕捞力量相适应的最大最适渔获量。

巴拉诺夫还是最早发现鱼类死亡规律的学者,他根据海因克

关于北海比目鱼的体长和年龄组成资料列出了种群数量变动的微分方程 $dN/dt = -ZN$, 它表明: 比目鱼的捕捞群体随年龄增长其数量(N)按几何级数减少, 即种群个体数量随时间呈指数下降, 式中的 Z 称之为瞬间总死亡系数。巴拉诺夫关于捕捞群体数量变动的理论, 当时并未引起学者们的注意。直至 20 世纪 30 年代初期巴拉诺夫的名著《关于渔业生物学基础问题》被里克(Ricker, W.E.)和歇尔夫(Scheafer, M. B.)译成英文后, 在北美和英国得到了很大的发展和广泛的应用, 其中贝佛顿和霍尔特(Beverton & Holt, 1957)的《经济鱼类数量变动》一书就是对巴拉诺夫理论的概括和发展。他们把影响捕捞群体数量的补充、生长、捕捞死亡和自然死亡等四个因子或渔业生物学参数理论和模型化, 建立了著名的评估种群资源量的动态综合模型或称分析模型。歇尔夫(M. B. Scheafer 1954, 1957)在格雷海姆(M. Graham, 1935)鱼类群体增长的 S 型曲线(逻辑斯谛 Logistic 曲线)研究的基础上以太平洋北部的鳕鲽及黄鳍金枪鱼为例, 计算了该鱼种的平衡产量, 建立了计算“剩余产量模型”参数的一整套方法, 使该模型具有很高的应用价值。他阐明了一些种群的持续产量与捕捞努力量之间保持平衡关系, 从而把种群的补充量、生长和死亡综合起来作为一个单函数进行分析。即在假定种群每年的补充量基本相同的前提下, 阐明了捕捞强度或网目大小对种群产量的影响, 作为鱼类种群动态研究的“途径”, 后来又得到拉根(Larkin, 1963), 帕拉-汤姆林森(Pallar-Tomlinson, 1969), 福克斯(Fox, 1970), 舒尼特(J. Schnute)和波普(J. G. Pope, 1979)的发展。

1965 年格兰德在巴拉诺夫和贝佛顿—霍尔特研究的基础上建立了年龄结构的有效种群分析法(VPA), 后来被波普(1972)和琼斯(Johns R., 1974)简化为年龄和体长结构的股分析法, 进而于 80 年代末又把单种群的股分析扩展成多种群的体长结构的股分析法。根据当年各个世代的补充、生长和死亡等因素, 对过去和

未来的各年龄和体长组的资源量和渔获量进行估算和预报,这种研究手段在渔业资源研究工作中得到了广泛的应用。格兰德(Gulland, 1983)发表的《鱼类资源评估》一书从资源评估和管理模式等方面总结了渔业生物学的新方法和理论。应当指出的是如欧美的学者一样苏联的许多知名的学者也根据自己的研究实践,提出了鱼类种群数量变动的理论。他们之中蒙纳斯蒂尔斯基(Г. Н. Монастырский, 1952)和尼科尔斯基(Г. В. Никольский, 1963, 1965, 1974)的著作是具有代表性的。前者首先提出鱼类的产卵群体类型,认为鱼类群体的数量变动是种群适应属性与外界环境因子相互作用的结果。他认为生殖群体单一的种群数量波动比较激烈,波动幅度较大,资源量易因捕捞而下降,但也易于恢复;生殖群体由补充群体和剩余群体组成的种群资源波动的周期较长,但一旦受到破坏,恢复速度缓慢,应避免过度捕捞。后者站在“环境条件与生物统一”的立场上,指出鱼类随着环境特别是饵料条件的变化,相对地调节其个体数量,鱼类有与食物条件的变化相对应地改变其再生产能力的适应性,即自我调节种群大小的能力很强,食物条件是决定亲体和子代之间的数量关系的基本因子,他首次把“环境—补充量”和“亲体数量—补充量”的关系结合起来。两人的代表作《经济鱼类的数量变动》和《鱼类种群数量变动理论》先后于1962年和1982年被译成中文,对我国渔业资源数量动态的研究工作具有一定的影响。

1975年加拿大学者里克的《鱼类种群生物统计量的计算和解析》一书问世,它概括了数十年来世界各国种群渔业生物学研究取得的成果,分析和比较了渔业种群的生长、死亡、繁殖、补充、残存率、资源量、持续产量、捕捞努力量、亲体与补充关系以及外界环境的影响等各种基本概念和计算方法,是渔业资源学研究的重要文献。贝佛顿—霍尔特和里克在研究了亲体和补充量之间的关系以后,认识到亲体是决定种群数量变动的重要因素,