

Quanguo Zhongdeng
Shuichan Xuexiao
Jiaocai

全国中等水产学校教材

渔业资源 与渔场



集美水产学校 主编

海洋渔业专业用

中国农业出版社

全国中等水产学校教材

渔业资源与渔场

集美水产学校 主编

海洋渔业专业用

中国农业出版社

封面设计：赵之公

全国中等水产学校教材
渔业资源与渔场
集美水产学校 主编

责任编辑 牟晓春
出 版 中国农业出版社
(北京市朝阳区农展馆北路2号)
发 行 新华书店北京发行所
印 刷 北京忠信诚胶印厂
* * *
开 本 787mm×1092mm 16 开本
印 张 11.25 字数 260 千字
版 印次 1995 年 5 月第 1 版
1999 年 5 月北京第 2 次印刷
印 数 1 001~3 000 册 定价 12.50 元

ISBN 7-109-03092-X



9 787109 030923 >

书 号 ISBN 7-109-03092-X/S·1988

前 言

《渔业资源与渔场》为全国中等水产学校海洋渔业专业教材。本教材根据 1988 年审定的教学大纲要求，是在 1981 年版《渔业资源与渔场》基础上，吸收国内外与此有关的水产科学研究成果，结合生产经验编写而成。本书第五、第六章由刘天经和黄宗强编写，其余各章均由黄宗强执笔。

本书由丘书院教授、林应铸高级工程师和黄成庆同志审定。

编 者

1992 年 4 月

目 录

绪论	1
第一章 渔业资源生物学基础	3
第一节 鱼类的食性	3
第二节 鱼类的繁殖	8
第三节 鱼类的年龄和生长	15
第二章 鱼类种群和群聚	28
第一节 鱼类种群	28
第二节 鱼类种群数量波动	38
第三节 鱼类群聚	53
第三章 海洋生态系统	58
第一节 海洋生态系统基本概念	58
第二节 海洋生态系统功能	61
第三节 海洋生态系统生物生产力	67
第四节 人类活动对水域生产力的影响	73
第四章 渔业资源的合理利用和增殖	75
第一节 渔业资源的合理利用	75
第二节 渔业预报	81
第三节 渔业资源的增殖	87
第五章 海洋渔场	91
第一节 海洋渔场的特点	91
第二节 海洋优良渔场	102
第三节 我国近海渔场概况	106
第四节 远洋渔场	116
第六章 鱼类行动与鱼群侦察	124
第一节 鱼类的行动	124
第二节 鱼类集群	126
第三节 鱼类洄游	130
第四节 鱼群侦察	135
第七章 海洋渔业资源概况	158
第一节 海洋渔业资源概况	158
第二节 我国海洋渔业资源概况	167

绪 论

渔业资源, 又称水产资源。是指生息于自然水域中的水生经济动、植物的种类及其数量。它包括生息于自然水域的天然资源和人类通过科学手段所增殖、移殖的资源两部分。渔业资源是渔业生产的对象。由于目前水产品绝大部分从海洋采捕, 尤其是海洋鱼类, 所以目前有关渔业资源的注意力多集中于海洋方面, 其研究亦多着眼于海洋鱼类。

渔业资源与陆地上的生物资源一样, 是再生性资源。它具有生命活动, 随时都在繁衍、生长和死亡, 因而其数量和质量也在不断地变动着。它具有游动性, 随着季节的转变而改变其活动节律, 有的季节聚集成群, 有的季节则分散活动; 有的季节栖息这一水域, 有的季节又迁移到另一水域, 不断地变换其生息场所。它们是水生生物, 多数终生生息于水中, 具有不同于陆生生物的隐蔽性。它对环境的变化很敏感, 对环境有一定要求, 所以分布极不均匀, 不同水域的资源密度不同, 种类组成也不一样。它是水域生态系统的重要组成部分, 人类经济活动对生态环境及其生态位有着深刻地影响。

渔业资源种类繁多, 潜在渔获量大。其主要种类有鱼类、甲壳类、软体动物类、藻类和哺乳类等。鱼类是渔业资源中数量最大的类群。全世界有 2 万多种, 我国有记录的约 2800 余种。主要捕捞种类全世界有 100 多种。据估计全球海洋渔业资源潜在渔获量为 1~2 亿 t。近几十年来, 生产发展迅速, 例如 1950 年为 2000 万 t, 1960 年为 4000 万 t, 1970 年达 7000 万 t, 1984 年以来已突破 8000 万 t。其增长率比陆上任何经济动物生产的增长率都高得多。而且海洋渔业是不占土地, 不用淡水的节粮、节地、节水的“三节”产业, 也不污染环境。发展渔业是大有可为的。

但渔业资源也不是取之不尽、用之不竭的。海洋中各个水域的生产性能不同, 其渔业资源均是有一定数量。过度捕捞, 破坏其增殖机制, 必然导致资源的衰退, 甚至失去渔业价值。这种现象在世界渔业史上已屡见不鲜。现在世界各个海洋的未开发海区正在迅速缩小, 传统渔场中价值高的捕捞对象的产量波动很大, 普遍发生不同程度的捕捞过度。如何保护、增殖经济价值高的渔业资源, 充分利用水域生产力, 已成为海洋国家迫切需要解决的问题。目前, 海洋渔业已到了一个新的重要发展阶段, 如同陆地上从采捕野生动植物为食, 过渡到种植农作物和开展畜牧业的时期一样, 正从捕捞为主, 开始转为增殖、养殖为主的“耕海”时代。

渔业资源是一门综合性的应用科学。其发展初期着重于对渔业发展过程中出现的渔业资源波动问题的解释。随着经济和科学技术的发展, 它担负着越来越重的任务。如何耗费最少的人力和物力, 在扩大资源再生产的同时, 从渔场中取得优质高产的产品以满足人们对蛋白质不断增长的需要, 已成为渔业资源研究的主要任务。要达到上述目的, 必须深入研究和掌握各水域的生产性能, 捕捞对象所处营养级的生产效率, 各种资源之间的营养关系及其同环境之间的相互关系。充分利用水域所具有的生产能力和选择适当营养级的动物作为收获对象; 充分深入地研究渔业资源自身的生物学规律, 包括其种群、分布、移动和

繁殖、生长、死亡等生物学过程，还有数量变动规律及其补充机制，从而提出合理经营管理对策。每一生物种群均是其所在生态系统的重要组成部分，各个种群存在复杂的营养和空间关系，相互依存又相互制约，单一种群分割式的研究不能揭示其实质内涵，必须逐渐过渡到以群聚为主体的研究。随着对水域生态系统研究的深化和发展，必须从生态系统能量流程及其转换效率，物质循环角度来研究渔业的生物学问题，藉以说明经济鱼类之间内在变异性和环境对其的影响，优势鱼种交替机制，探索衰退资源恢复的可能性，环境污染对渔业资源的影响。探讨通过采取改善非生物性和生物性自然环境的综合措施，人为地扩大水域容纳能力，通过人工育苗、放流等途径增殖资源的办法，充分发挥自然水域生产能力，藉以提高自然增殖效率。

渔业资源作为一门应用科学，是直接服务于渔业生产的，它以渔业生物学和海洋生态学为基础，向合理经营、科学管理渔业资源，充分利用水域生产性能和增殖资源的方向迅速发展。

渔业生产作业的场所在时间上是不连续的。它随着渔业生产对象的聚集和分散而形成或消失。在特定时间内，大量生产对象聚集出现，而且具备生产的可能，渔业资本的投入少于产出，经济效益好的水域，一般称为渔场；其生产期间称为渔汛。渔场的形成受着生产对象自身生理生态习性和所在水域环境条件的支配，在时间和空间上不断地变动着，它不像工业生产那样具有稳定性。渔业生产对象是生息于水中的具有游动性和隐蔽性特点的生物，导致渔业生产的难度高于其他产业。也就是说渔业生产既取决于渔业资源的动态，也取决于对渔业资源活动规律，即渔场和渔期的深入了解和掌握。随着海洋渔场学研究的深化和科学技术的发展，作业渔场已从沿岸、近海遍及世界各海洋，作业水深已涉及千米以上的深海。对新渔场的开发的制约因素已由技术转为经济效益。

我国是个拥有广阔海域的海洋国家。海洋和内陆水域地跨温带、亚热带和热带。既有近海、外海渔场，也有深海渔场。大陆架面积宽广，水域生产力高，生物种类繁多，渔业资源丰富，生产潜力巨大。因此渔业资源与渔场的研究、渔业资源的合理利用和增殖、渔场的科学管理都必须加快发展和提高。海洋渔业的前景无限广阔。

第一章 渔业资源生物学基础

第一节 鱼类的食性

一、鱼类食性

(一) 鱼类食性类型 鱼类的生长、发育、繁殖以及其他生命活动的能量消耗和物质需求,是依靠以食物形式进入体内的能源物质来供给的。鱼类生命周期的初始阶段所需能源物质以卵黄形式从母体取得。但依靠卵黄营养只能是短促的一段时间,在渡过短暂的混合营养期后,就完全依靠外界食物的供给。

鱼类成鱼期所摄食的食物类型同稚幼鱼期不同。稚幼鱼期以浮游生物为食,而成鱼期所摄取的食物,无论是食物的性质、数量抑或是分类单位都与稚、幼鱼期大不相同。在消耗食物的多样性方面,脊椎动物类群中鱼类居于首位。由于鱼类早期发育阶段时间较短和食谱较单纯,所以食性类型的划分一般亦多以成鱼阶段为对象。

根据鱼类所摄食的食物不同,可把它们的食性分成几种类型:(1)植食性鱼类,以植物性食物为营养来源,如草鱼、蓝子鱼等;(2)肉食性鱼类,以动物性食物为营养来源,如鲈、带鱼等;(3)杂食性鱼类,以动物性食物和植物性食物为营养来源,如鲤科鱼类等;(4)腐食性鱼类,主要食腐败的生物尸体和食物碎屑,如鲶、胡子鲶等;(5)寄生性鱼类,主要以寄主身体的物质为食,这也是一种特殊类型的肉食性动物,如八目鳗、盲鳗等。

根据鱼类所摄食的食物生态类群,又可分成:(1)浮游生物食性,以浮游生物为主要食物,如鲢、鳙、小公鱼、鲚鱼等;(2)底栖生物食性,以底栖生物为主要食物,如鲆、鲽类等;(3)游泳动物食性,以游泳动物如鱼类、头足类、虾类等为主要食物,如鲨鱼、海鳗、鲑等。

若根据所摄食的食物种数的多寡区分,有(1)狭食性鱼类,以少数或属于一个生物类群的植物或动物为食;(2)广食性鱼类,以多种不同类群的植物或动物为食,如大黄鱼食物对象近100种,其中较主要的也有20种左右,涉及鱼类、甲壳类、棘皮动物、软体动物等。

此外,还可按其捕食方式和凶残程度,分为温和性鱼类和凶猛性(捕食性)鱼类。温和性鱼类一般以浮游生物、小型无脊椎动物、有机碎屑等为食,如鲮鱼吞食海底淤泥,从中摄食底栖硅藻、有机碎屑以及小型甲壳动物。梭、鲮主要摄取沉积于泥表的硅藻和有机碎屑,也兼食有孔虫、桡足类和多毛类等。凶猛性鱼类主要捕食鱼类、头足类和虾类等。

上述食性类型的区分是相对的。在许多情况下,它们之间的界限并不明显,而且也受外界食物条件变化的影响。

(二) 鱼类食性的研究方法 研究鱼类食性,须从两方面同时着手。一方面充分了解水域中饵料生物的种类组成和分布情况(包括水平分布、垂直分布、季节分布)、数量变动以

及鱼类分布、洄游等资料。对水域的地形、底质和水深等情况也应有所了解,从而掌握外界环境基本情况及其动态。另一方面必须掌握鱼类对饵料生物的利用情况。对后一问题的研究,目前多通过下述各项指标来判断。

1. 鱼类摄食强度 判断鱼类在该海区某季节中摄食状况的指标。一般根据鱼的胃含物充塞程度,分成5级,通过目测来区分。

0级:空胃;

1级:胃内有少量食物,其体积不超过胃腔的1/2;

2级:胃内食物较多,其体积超过胃腔的1/2;

3级:胃内充满食物,但胃壁不膨胀;

4级:胃内食物饱满,胃壁膨胀变薄。

目测判断鱼类的摄食强度,很适用于野外大量观测,但一般较易产生误差,所以亦可采用胃肠饱满系数法。其方法是称量鱼的胃肠(包括其内含物)重量和鱼的纯体重(除去性腺、胃肠的躯壳重),然后按下式计算:

$$\text{胃肠饱满系数} = \frac{\text{胃肠重量}}{\text{纯体重}} \times 100\%$$

2. 饵料分析 分析鱼类食性的重要手段。即通过鱼的胃肠内含物的分析,了解其所摄食的食物种类,各种食物所占比重、数量、出现频率等。其方法是,把所要研究的鱼进行生物学测定,从中选取有内含物的胃肠,用细线结扎两端切口,每份胃肠连同记录它是属于哪尾鱼的标签用纱布包好,保存于10%的福尔马林溶液中以备分析用。这些样本若不是从生物学测定样本中抽取,则必须测定这些胃肠所属的鱼的体长、体重、性别和性腺成熟度等,并采取年龄材料。

分析时,把胃肠剖开,取出内容食物团,然后进行定性分析和定量分析:

定性分析:把食物团放入培养皿内,加上适量水化开,取全部或部分食物团在解剖镜下鉴别其种类组成。

定量分析 一般采用:①个数计数法,将食物团各种生物按种类分别计算其个数,求出其占食物团总个数的百分比。②重量法,称量食物团总量,再分别称量食物团中各生物种类重量,求出其占食物团总重的百分比。此称为现场重量法。若事先测定各种生物个体大小及其重量,列成关系表,分析时根据食物团中生物组成种类、残体大小及其数量,查对常态时的关系表,恢复成进食时生物的重量再进行计算,称为更正重量法。由于更正重量法较接近进食时生物的实际重量,反映摄食实际,故常被采用。③体积法,采用排水法测定食物团的总体积和各种食物成分的分体积,计算各成分所占百分比。此法多为食物团成糜状时采用。

3. 出现频率 计数在所有食物团中某种生物出现次数和占总数的百分比。

通过上述资料的整理,可明确该鱼类食性,对某种饵料生物的喜食程度及其食性变化等特点。

二、鱼类摄食特点

(一) 鱼类对食物的选择性 水环境中可供作食物的生物多种多样,但鱼类不是毫无区分地对待任何食物生物,按周围环境中原来各种食物生物的比例摄食,而是具有摄取其中某种或几种食物生物的能力和习性。不过这种选择性有的鱼类表现得较为明显,有的较不

明显。根据某种食物生物在鱼类食物组成中所占实际比例，可以把其食物成分分成①主要食物：在其食物组成中占主要地位，不仅量多，而且出现频率高，是鱼类生活所需要的全部能量物质的主要来源；②次要食物：在食物成分中所占的比例和出现频率较低，但仍有一定比重；③偶然性食物：仅偶然为鱼类所吞食。

表示鱼类对食物的选择性，目前较多采用选择指数（ E ）来确定，其公式为

$$E = (r_i - P_i) / (r_i + P_i)$$

式中 r_i 为食物团中某成分的百分比， P_i 为环境中该种食物成分的百分比。计算所得的选择指数界于 +1 ~ -1 范围内。选择指数为 0 时表示没有选择性。

鱼类对食物的选择性是鱼类对环境条件长期适应的结果。通过自然选择，各种鱼类均形成适应于寻觅这些食物的感觉器官，其口器适应于捕食这些食物，其胃肠适应于消化吸收这些食物，其效率也是最高的。同时，这也与被摄食食物的活动性有关，摄食者和被摄食者的活动性一般是一致的。只有在某些情况下，例如饥饿的鱼才会耗费更多的能量去捕食难于捕获的食物。

(二) 鱼类食物的转变 鱼类适应于摄食一定类型的食物在其生活过程中并非固定不变。它随着鱼的生长、摄食、消化器官和功能的发育完善程度，环境中食物组成的变化及其可利用程度而改变。

在鱼类摄食机制中，鱼类自身口器的口径大小影响很大。口径的大小限定着所摄食食物的大小，其所摄食的食物一般与鱼类自身口径大小相一致。因此，随着鱼的生长，口径的逐渐增大，所摄食的食物个体的大小也随之增大。如渤海湾的小黄鱼，在仔鱼阶段摄食圆筛藻；待卵黄吸收完后，摄食铃虫和桡足类；身长在 20~26mm 时，摄食糠虾、蚤水蚤和箭虫等；26~60mm 时摄食毛虾；60mm 以上至 1 龄时摄食大型毛虾，1 龄时主要摄食浮游生物，2 龄时则吃鰕虎鱼、虾姑及鼓虾等。

鱼类栖息的水环境有明显的季节变换，这势必引起水域中食物生物的种类组成和数量的季节变化，从而影响鱼类摄食对象的转变。如江浙近海的大黄鱼，春季期间较多捕食鱼类，达 93.5%，其中以青鳞鱼、鲚鱼、鳀鱼等小鱼为主，甲壳类比重很低（6%）。夏季期间食物中鱼类所占比重下降，为 55.4%，在种类组成上原来为主要成分的各种小型鱼类几乎完全消失，甲壳类比重显著增加，达 42.3%，种类也相应扩大。秋季期间仍以鱼类为主要食物，但种类上却以龙头鱼为主（26.5%），甲壳类的比重仍较大（32.9%）。冬季期间所吃的鱼类和甲壳类的比重与秋季相仿，仍以龙头鱼为主，虾姑的比重则显著提高。

不同水域所繁衍生息的食物生物的种类组成和数量会有不同。同一种鱼类，由于生活水域的不同，其所摄食的食物也有不同。如生活于渤海、黄海北部的小黄鱼的食物中，底栖甲壳类和鱼类所占比重较大，以中国毛虾、脊腹褐虾、日本鼓虾、虾姑、鰕虎鱼等为主。黄海南部和东海的小黄鱼则以浮游甲壳动物的磷虾、糠虾、端足类、桡足类为主，兼食中国毛虾、细螯虾、日本鼓虾、青鳞鱼、日本鳀鱼、黄鲫以及龙头鱼等小型鱼类。东海小黄鱼摄食浮游甲壳类的频率高于黄海南部，但摄食鱼类的频率却比黄海南部低。

水域环境因素的年间变动，也会引起食物生物种类组成和数量的变动，从而引起鱼类食物的转变。如烟台外海的鲈鱼，不同年份其食物成分明显不同。1954 年鲈鱼所吃的食物以细脚蚬为主，鳀鱼等小型鱼类其次，而太平洋磷虾极少见到。1955 年，在鲈鱼的食物成分中太平洋磷虾则居首位，细脚蚬和小鱼所占比重也较大，而 1956 年则以小型鱼类占优势，

其余所占比重都较小。

鱼类的摄食活动，消化吸收食物的强度，1年之中不同时期也有差异。此与鱼类自身代谢强度、生理状态和外界环境条件的变动有关。很多鱼类在繁殖期间停止摄食，育肥后期一般不如前期那么强烈地摄食。如江浙近海的大黄鱼的摄食强度以秋季最强烈，冬季其次，春季较低而夏季最低。

鱼类在昼夜间并非均匀摄食，而是适应于在昼夜间的一定时分摄食，亦即存在昼夜摄食节律。它与食物对象的昼夜活动情况和鱼类凭藉其感觉器官来发现食物、辨别食物方位等有关。鱼类昼夜间强烈摄食时分，往往是它容易获得食物、消化食物，而且在这时间内又容易避开敌害的时分。如小黄鱼的主要食物为磷虾、糠虾和桡足类等，这些动物均具有白天下沉，夜间上升的昼夜垂直移动现象，小黄鱼的摄食活动主要是在午夜至早晨这段时间，白天很少觅食。

三、鱼类的食物关系 食物是一切动物生长发育和繁殖等生命活动的能量来源和生存的物质基础。在自然界，通过食物关系和空间关系把看来毫不相干的生物联系在一起，共同构成错综复杂的生物社会。所以食物关系是生物之间，生物与环境之间最基本、最普遍的关系。

鱼类的食物关系，同其他动物一样是在种的形成过程中形成的，具有一系列特点和适应性。

1. 鱼类对食物矛盾的调节适应 生活在同一水域，摄食相似类型食物的鱼类，其食物关系一般并不出现紧张。其食谱中主要成分多数不同，仅在次要食物成分中才存在类似的食谱，而且往往由于发育阶段的不同，食性的不同而错开。幼鱼阶段多半是狭食性的，其食物对象基本一致，但各种鱼类幼鱼孵出时间和发育节律不同，从而错开其摄食同类食物的时间而缓解了食物矛盾。例如狗鱼、鲈鱼和斜齿鳊等幼鱼主要食物均为轮虫类和桡足类幼体等类似食物，但这些幼鱼几乎从来没有因摄食类似食物而发生矛盾。因为狗鱼比鲈鱼和斜齿鳊更早生殖，当幼鲈转为摄食这些食物时，较早出生的幼狗鱼已转为摄食其他体型较大的食物生物。鲈鱼和斜齿鳊的情况也相类似。

鱼类在个体发育过程中，形成一系列避免自身造成食物紧张的适应性。鱼类从一个发育阶段进入另一发育阶段，其食性发生变化，变换了食物对象。鱼类年龄不同，其分布区域不同，索饵地点转换，因而食物对象也不相同。有的鱼类性别不同，其口器结构存在差异，食物对象也有差别，如白海的雄鳊鱼比雌鳊鱼更多地吞食甲壳类和蠕虫等，从而缓和食物关系上的紧张性。

2. 鱼类对饵料基础的调节适应 水域中作为鱼类食物的浮游生物、底栖生物和游泳动物等饵料的数量和质量，称为饵料基础。

高纬度比低纬度水域的饵料基础较不稳定，因此在食谱上，生活于高纬度水域的鱼类一般多为广食性。栖息水域的纬度越低，其狭食性特点越来越明显。如热带鱼类，其食谱可能相当广泛，但很少能在1尾鱼的胃肠中同时看到这种鱼所摄食的主要食物对象，一般只能看到1~2种的主要食物。这是热带水域鱼类对其饵料基础特点的适应。因此可看出，判断鱼类是广食性还是狭食性时，食物中饵料生物的种类数目仅能提供粗略的概念，而胃肠中某种或几种主要食物占整个食物团食物比例才是主要指标。

在食物链中，越接近生产性生物的种类，其饵料基础越稳定，因此大都为狭食性，而

处于食物链后面环节的种类，由于饵料基础不稳定，则多为广食性。

外界环境饵料基础不同，鱼类在繁殖习性上也形成一系列调节适应。鱼类栖息环境饵料基础较差，亲鱼所产出的卵子的大小会不同。因而小鱼从卵膜孵出所经历的时间长短也就不同，从而延长或缩短小鱼开始向外界觅食的时间。所孵出的小鱼的个体，其大小也往往有差异，促使这些小鱼，甚至是同一时间孵出的小鱼转入外界营养时，其饵料对象稍有差别，较小的个体消耗某些种类的饵料，而较大的个体则摄食另一些种类饵料。食谱的广度会随着环境中饵料基础状况的变化而改变。若同一时期出生的鱼数量相当大，而饵料基础又较差，这些鱼多半会转变为广食性，使其具有最广泛的食谱，以利于生长发育。当饵料基础恶化到一定程度之后，鱼群中原来生长基本上一致的个体，在生长速度上会出现差异，部分个体加快生长，而另一部分个体则落后下来，迅速生长的个体较快地转入另一个发育阶段。例如北哈萨克湖中的银鲫，生长缓慢的个体其食物较单纯，主要摄食食物碎屑，而迅速生长的个体则以摄食摇蚊幼虫为主。

许多鱼类在出现丰产世代，而高龄鱼的饵料基础又不好的情况下，会发生吞食本种的卵子和幼鱼的现象。这是一种扩大饵料基础和调节自身种群数量，以适应水域饵料基础的重要适应属性。这种现象在鳕鱼、鲑鱼、大黄鱼、狗鱼、鲈鱼等均可发现。有人甚至根据胃肠中本种鱼卵子数量的多少来估计生殖鱼群的数量。

索饵洄游是鱼类改善其饵料基础的适应属性。鱼类通过洄游，变换其摄饵地点，从而获得充分的食物保障。鱼群大小不同，其索饵洄游的范围的大小也起适应性变化。由于某种原因鱼群数量减少时，会显著地缩小其索饵洄游的范围和索饵场所的面积。例如东海的小黄鱼，50年代期间数量还相当多时，其索饵分布范围达到闽江口以北海域，但60年代以后，由于数量锐减，索饵范围也相应缩小，洄游距离也改变，闽东渔场就极少发现小黄鱼了。

许多鱼类在索饵期间的集群生活方式，是有效地利用饵料基础的适应属性。这在中上层鱼类表现得尤为明显。集群生活的群体比单个个体更易发现饵料生物密集群，而且较易同其保持接触。如果饵料生物密集群处于移动之中，单个个体比群体较容易失去移动中的饵料生物密集群。群体中个体的摄食活动比单个状态的个体来得强烈。集群索饵，个体间一般以相近的节律进入摄食和消化，这使整个鱼群的摄食活动能够在同一时间开始和同一时间结束，能充分利用水域的饵料基础，减少寻找和觅食饵料时能量的消耗，而且也有利于防御敌害。

水域中饵料基础的变动影响着鱼类的食物关系，由此形成一系列适应性。这些适应性的基本点是充分利用现存饵料基础，使自身有更多的个体成活下来。

四、鱼类的食物保障 鱼类种群数量和生物量以及栖息于水域中所有鱼类的总生物量，很大程度上取决于鱼类种群的食物保障。

水域中不仅要有鱼类能摄食的饵料生物，而且要具备保证鱼类能摄食、消化吸收这些食物用以营造其机体的条件。对这些鱼类能够利用的饵料生物的数量、质量（饵料基础）和合适的水文环境，从而保证鱼体新陈代谢过程顺利进行，促进生长发育的条件，称为食物保障。

水域饵料基础在许多情况下决定着鱼类的生长、性成熟状况和性产物的质量以及其寿命的长短，从而影响着鱼类世代数量的波动。因此鱼类在种的形成过程中，同时也形成了

在复杂环境中能够最大限度地利用饵料基础的一系列适应性。但水域理化环境条件的变化，在很大程度上影响着鱼类对食物的利用。只要具有足够数量的食物和摄食消化吸收这些食物所必需的环境条件，鱼类就能摄食到食物，把所摄食到的食物充分消化吸收，把吸收到的营养物质组成自身的组织，加快生长发育。

各种鱼类均生活于一定的理化环境中，对环境条件有一定要求。例如水温条件，各种鱼类都有其最适宜的生活温度。在此温度范围内，鱼类能最有成效地摄食、消化和吸收营养以营造机体，促进发育。在此适宜的温度范围内，尽管温度变动幅度较大，并不影响其索食活动。然而在一年四季中水域理化环境条件有变化，不同年份也不相同，这就对鱼类的索食活动产生影响。水域环境条件也影响着食物的可获性。水体的分层结构如温跃层、盐跃层的存在阻碍着鱼类摄食活动的范围。底质不同，食物被摄食的难易不同，鱼类摄食这些食物时所耗费的能量也不同，例如有些寡毛类蠕虫深钻在底泥中，鱼类就很难利用。水域风情对鱼类摄食活动也有影响，例如风暴天气使浅水域中的鱼类难于觅食。光照条件对鱼类的摄食活动，尤其是对借助视觉器官判别食物方位的鱼类，其影响就更显著了。光照时间的长短以一定方式影响着被捕食食物的捕获率。

索食鱼类自身的生理状态，索食鱼群的大小对其索食活动也有明显的影响。

因此，水域中鱼类食物的数量、质量及其可获性；索食鱼群的数量、质量以及保障鱼类顺利摄食、消化吸收食物的理化环境等这三方面因素，深刻地影响着鱼类的食物保障，而鱼类对食物保障变化也形成一系列适应性，其情况已在鱼类食物关系中涉及，不再赘述。

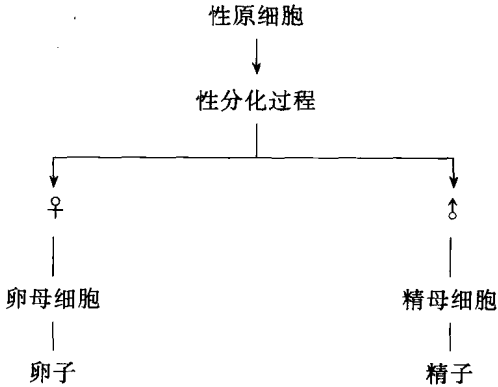
鱼类食物保障是个复杂的生物学现象。其中各种因素相互联系，相互制约，直观上不易判别其变动情况。所以评价鱼类食物保障状况的好坏，妥当的办法是根据鱼类自身的生长速度、丰满度、含脂量等指标状况。

第二节 鱼类的繁殖

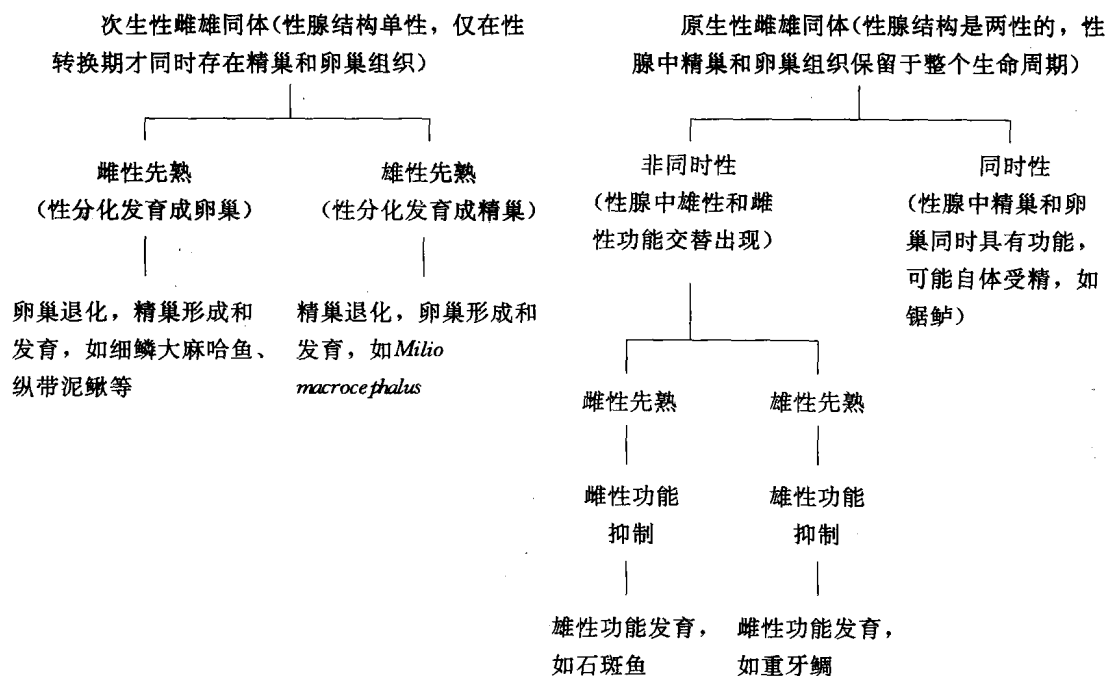
一、鱼类性分化与性产物

(一) 性分化与性比

1. 性分化 鱼卵受精后，受精卵随之分裂，逐渐形成胚层，发育成胚胎。在各胚层形成的同时，即出现原始性细胞。随着胚胎的发育，原始性细胞发育成性原细胞，尔后逐渐发育成性腺。性细胞发育分化过程如下：



鱼类性分化是个复杂的生物学过程。多数鱼类分化成雌雄异体，但不少鱼类则形成雌雄同体。即同一鱼体内具有卵巢和精巢及其功能，例如鲈科 Serranidae，鲷科 Sparidae 等。鱼类雌雄同体，根据性腺中精巢和卵巢是否同时存在，可分为次生性雌雄同体与原生性雌雄同体两类型。再根据精巢与卵巢是否同时发育与活动及其性转换情况，又可分成雌性先熟或雄性先熟等类型。其情况如下：



2. 性比 鱼群中雌鱼与雄鱼的数量比例。一般从渔获物中取一定数量样本，计数出雌雄鱼数量，用比例来表示。

鱼群的性比，自性分化后已基本形成。但存在雌雄同体现象的鱼类，由于性转换，不同年龄阶段性比会变化，如赤点石斑鱼 *Epinephelus akaara* 5 龄，平均体长 335mm，体重 750~1150g 以前为雌性，6 龄时性转换，7 龄，平均体长 412mm，体重 1690~2180g 以上个体已转变为雄性。雌雄异体的鱼类，其性比也会随着生活阶段、个体大小、生活区域和生活条件良好与否等的不同而变动。

鱼类性比形式多种多样，这是鱼类对生活环境多样性的适应。它在渔业资源的研究中具有较大意义，下面将再叙述。

(二) 性产物

1. 性产物 鱼类性产物即指鱼类的卵子和精子。卵子的结构如图 1-1 所示。一般外表具有一层卵膜 1，卵膜内包含着卵黄囊 3，内贮卵黄 4 和油球 5，它是供给卵内胚胎发育的养料，在胚胎发育过程中逐渐被吸收掉。卵膜与卵黄囊之间有一间隙，称为卵黄间隙 2。

鱼类种类不同，卵子大小和形状差别很大。板鳃类卵生种类的卵子很大，最大卵壳长

达 180mm、宽 140mm。硬骨鱼类的卵子较小，一般都在 1mm 至 2mm 之间。卵子形状也是多种多样。板鳃类卵生种类的卵子一般均具有角质卵壳，其形状有的呈螺旋状，有的呈长方形，卵壳常有卷曲的长丝，用以缠络在海藻或岩石上。硬骨鱼类的卵子一般呈球状，也有呈椭圆形。多数鱼类卵膜光滑透明，但少数种类的卵膜上有短的突起，或丝状突起，或具粘性（图 1-2）。

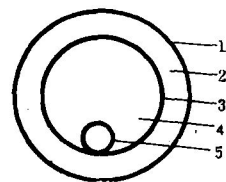


图 1-1 卵子结构略图

卵黄囊无色透明，有些种类呈龟裂状网纹。油球也是透明无色，其数目各个种类不同，有的 1 个，有的几十个，例如条鳃卵内油球小而多，可达 60 个左右，少者也有 10 个。

精子体积很小，要在显微镜下才能观察清楚，能在水中自由游动。

体外受精的鱼类亲鱼把精子和卵子排在水中受精。如果精卵没有相遇的机会，卵子在几分钟内就失去受精能力，精子在几小时内就死亡。

硬骨鱼类的卵子，按其比重可分成沉性卵和浮性卵两类。

浮性卵：卵子的比重比水轻，卵子一般透明，具油球，产出后漂浮于水层中。大部分浮性卵没有粘性，自由漂动。海水鱼类多产浮性卵。

沉性卵：比水重，卵粒一般较浮性卵大，卵子产出后沉于水底。根据卵粒有无粘性又可分成无粘性卵（如青鱼、草鱼、鲢、鳙的卵，粒粒分离）和卵膜具粘性或长有粘丝的粘性卵（如飞鱼卵长有粘丝，产出后粘着在海藻或岩石上）。

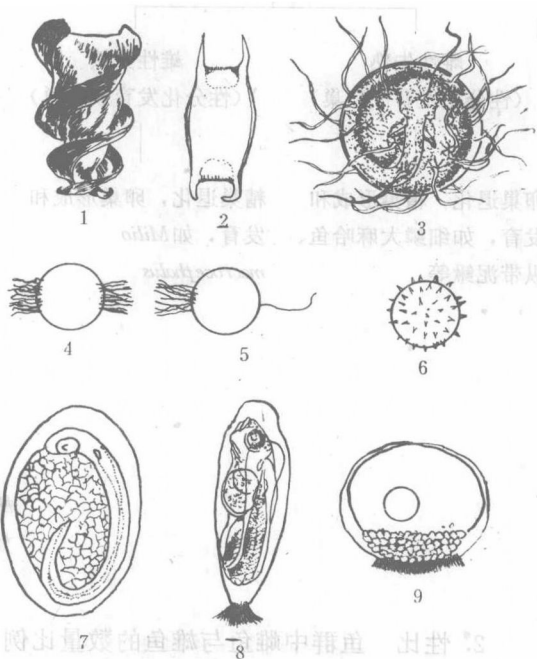


图 1-2 各种鱼卵外形图

1. 虎鲨 2. 斑鲷 3. 颌针鱼 4、5. 飞鱼
6. 竹刀鱼 7. 鳃 8、9. 鳃虎鱼

2. 性产物质量及其适应 参加生殖活动的雌雄鱼，一般称为亲鱼。其所产出的性产物的质量，对受精率、孵化率和成活率有着重大影响。

性产物的质量，首先表现在亲鱼所产出的卵子卵径大小的变异上。卵径大，卵内卵黄多，质量高，孵化率和成活率都高，幼体健壮。亲鱼体长，年龄不同，其性产物的质量有差别。低龄或高龄亲鱼所产的卵子卵径一般比中龄鱼小，卵内营养物质含有较多水分和较少的脂肪及蛋白质，卵子大小也不一致。其受精率、成活率均较低，后代生长也较缓慢。初次参加生殖的亲鱼所产卵子的卵黄量比重复生殖亲鱼所产卵子来得少。分批产卵的鱼类，其第一批产出的卵子的卵黄量一般比以后各批的卵子来得高。

卵内卵黄的数量和质量，除与亲鱼的年龄有关外，同亲鱼在生殖之前的生活条件，特别是索饵条件有密切关系。食物保障程度高，卵子发育好，卵径就较大，卵粒大小亦较均匀，卵内营养物质的积累也较多。否则相反。卵子数量及其质量的差异，主要是通过分布于卵巢周围的大型血管和较小血管供给卵子营养物质的强度不同而造成的。当食物保障良

好时，卵巢内全部卵子不拘位于哪个部位，均能得到足量的营养物质的供应，卵子发育良好，卵粒大小及其中营养物质的积累多少呈现一致，卵粒差异降低。当食物保障恶化时，位于较小血管附近的卵子所能获得的营养物质较少，这就造成卵子质量的差异。

因此，鱼群每年出生小鱼的数量，在很大程度上首先取决于生殖鱼群所产出的性产物的数量、质量及其发育条件。

二、鱼类的繁殖

(一) 生殖方式与生殖过程 多数鱼类行体外受精，但也有体内受精的。体外受精的鱼类雌雄鱼各把成熟的性产物排在水中进行受精，受精卵在水中发育孵化。水环境成为受精卵的载体。体内受精是鱼类成熟的卵子在母体内受精。为把成熟精子输送入雌体内，雄鱼一般具有特化的交接器，如软骨鱼类的雄鱼腹鳍内侧鳍条特化成鳍脚，鲈形目雄鱼的臀鳍鳍条特化成生殖足等。

行体内受精的鱼类，其胚胎发育过程有卵生、卵胎生和胎生三种类型。

卵生：卵子在输卵管内受精。受精卵在排出体外的移动过程中被卵壳腺分泌的卵壳包裹。受精卵在水中发育孵化，胚体营养由卵壳内的卵黄供给。

卵胎生：成熟卵在母体生殖道内受精发育，产出体外时已长成幼鱼。胚体营养由自身的卵黄供给，或主要依靠卵黄营养，母体仅供给水分和矿物质等部分营养物质，如真鲨 *Carcharhinus* 等。

胎生：成熟卵在母体生殖道内受精发育。母体生殖道类似子宫，子宫壁上有突起与胚体连接，形成类似胎盘的结构，使胚体与母体在血液循环上产生联系。胚体营养除自身的卵黄外，也通过这种胎盘由母体供给，如灰星鲨 *Mustelus griseus*，鳐魮 *Aetoplatea* 等。

(二) 产卵期与产卵场

1. 产卵期 性成熟的鱼自然生殖的时期，称为产卵期或生殖期。鱼类在一年中某一特定季节生殖，是保障幼体有最良好生长发育条件的自然选择的结果。幼体生长发育进程一般与水域中饵料生物孳生状况相一致，也是幼体发育所需环境条件，尤其是水温、光照周期和避开敌害的较佳时期。不同鱼类会在同一时间内生殖，但同种不同种群生殖时间却不会相同。根据生殖期间水温和光照周期变动趋势，鱼类生殖期存在两种类型：水温上升期和水温下降期。除热带水域外，春季到夏季，水温上升，一天内光照时间逐渐延长。秋季到冬季，水温逐渐下降，光照时间也逐渐缩短。在生殖期类型内，生殖期的迟早会变动，但所属类型不会改变。鱼类生殖期的长短各种鱼类极不相同，短则几天，长则可达半年以上。此为生殖鱼群内部不同体长1龄鱼性成熟节律差异所造成。

在生殖期间内鱼类的生殖活动多系间歇进行。昼夜间生殖活动的时间一般也相当集中。不同种类虽然有差别，但多半在光照减弱的时分进行，如黄昏和夜间生殖，这可减少以视觉觅食的敌害的危害。

2. 产卵场 鱼类生殖水域不同，有的在汪洋大海的水层中；有的在近海和滨海区域；有的在江河入海口，有的溯河到上游或降河到深海去生殖。生殖场所尽管是多种多样，但其要求却相当严格。生殖场所范围大小每年会有变动，但其地点却相当稳定。这是鱼类在长期演化过程中自然选择的结果。鱼类的生殖活动除要求具有一定的地理环境条件外，还要求具有一定的生殖条件如水温、水流、水的混浊度、盐度等。性成熟的鱼若得不到合适的生殖条件，就不会进行生殖，性产物不会进一步发育成熟，并逐渐退化而被亲鱼自身吸收

掉。

鱼类在生殖洄游和生殖过程中,生殖鱼群依体长组群的现象相当明显。鱼个体大小不同,其性成熟等生物学状态各异,对水环境变化的刺激反应也不同,因此其进入产卵场的顺序一般按大小依次分批进行。例如大黄鱼较大型的个体居先,其次为中型个体,再者才是最小个体和高龄鱼逐次进入产卵场。大小不同的个体在产卵场中的分布位置也有不同,具有一定的分布格局,在近海或滨海区域产卵,较大型个体会较偏近陆岸,小型个体会较偏外。这使其更充分、更有效地利用生殖空间并避免卵子过分集中。

(三) 生殖周期与产卵类型

1. 生殖周期 重复生殖的鱼类,生殖后从性的不活动状态重新达到性成熟过程所经历的时间,称为生殖周期、性周期或产卵周期。不同种类生殖周期的长短会有不同,雌雄鱼也会有差异。同一个体高龄阶段生殖周期往往会延长。多数鱼类生殖周期约1年左右,即1年生殖1次,但有些鱼如非鲫 *Tilapia nilotica* 生殖周期仅30~60天,形成一年多次生殖,而鳊 *Huso dauricus* 生殖周期为2年生殖一次,所以生殖周期长短不同。

2. 产卵类型 鱼类的产卵类型差别很大。有的鱼类如大麻哈鱼、银鱼等一生产卵一次;有的鱼类一生多次重复产卵,但每一产卵期仅产卵1次;有的鱼类一生多次重复产卵,每一产卵期分批产卵。热带和亚热带水域的鱼类多属多次分批产卵类型,温带区域多次分批产卵的种类不多,寒带地区几乎没有这种现象。这同环境条件的变化状况有关。因此,同一种类若分布区域不同,其产卵类型也会不同。

分批产卵鱼类每批卵产出的间隔时间,许多种类几乎与从受精卵发育至转为外界营养所经历的时间相一致。当前一批幼体转为摄食别的饵料之后,后一批出生的幼体才开始外界营养,这样可避免吃同一类食物的矛盾。所产出的每批卵子的数量也不尽一致,最大一批卵子通常是在孵出的幼体有最好的食物供给和最能避开敌害危害的时刻排出。这种特性是鱼类长期自然选择的结果。在适应环境的过程中,随着生活环境的改变,产卵类型会转变,一次产卵会转变成多次分批产卵,或是相反。

三、鱼类性成熟特点

(一) 鱼类性成熟特点 鱼类在胚胎发育过程中,原始性细胞经过性分化发育达到性成熟状态,称为初次性成熟。不同种类初次性成熟时间不同。同一种类不同种群,或同一种群中雌雄鱼性成熟也有不同,例如同是大黄鱼,生活在江浙沿海的鱼群,2龄时开始性成熟,大量性成熟期,雄鱼为3龄,雌鱼为3龄和4龄,到达5龄时不论雌雄都已性成熟。生活在海南岛东面瓊州近海的鱼群,1龄时便有少量个体开始性成熟,2龄和3龄时则大量性成熟。同一种鱼类初次性成熟时间一般与达到一定体长有关,同其经历过的时间关系较小,生理上的年龄并不经常反映性成熟的先后顺序。因此,鱼的生长越快,性成熟的时间就越早。生长较快的个体比生长缓慢的个体性成熟年龄要低。因此形成初次性成熟鱼的年龄并不一致,可以是一个系列,例如红大麻哈鱼 *Oncorhynchus nerka* 初次性成熟年龄为3⁺至6⁺龄。同一年份出生的鱼,其生长若不一致,就会出现在不同年龄期性成熟的状况。若其生长差异越大,初次性成熟的年龄就拉得越长,同样形成一个系列。因此,鱼类的生长情况不仅影响着初次性成熟的平均年龄,而且也改变着初次性成熟的年龄系列。

鱼类初次性成熟的年龄越低,其寿命相对来说就较短。不同种的鱼类具有这种情况,就是同一种鱼类也有这种现象。就北半球而言,同一种鱼类在分布区的较南方的种群,初次