

鱼类资源评估模式

MODELS FOR FISH STOCK ASSESSMENT

联合国粮农组织

1978年8月, 罗马

AO 渔业通报, NO 710

鱼类资源评估模式

MODELS FOR FISH STOCK ASSESSMENT

FAO/CNEXO 鱼类资源评估方法训练中心

报告附件的部份译文。布雷斯特(法国)

1976年7月26日—8月27日

联合国粮农组织

1978年8月罗马

(1980年10月译)

本文件的准备

本文件的法文版本包括为两个联合国粮农组织/国家海洋开发中心有关鱼类资源评估训练中心作准备的主要讲稿。这两个训练中心由法国政府的信用基金提供经费，分别于1973年8月和1979年8月在法国布雷斯特举办。汇集入本版本的英译讲稿是为1978年3月6~24日，在摩洛哥卡萨布兰卡港举办的，加拿大国际开发局/联合国粮农组织/联合国粮农组织东部中大西洋渔业委员会渔业资源评估讨论会准备的。这次讨论会是按联合国粮农组织/加拿大国际开发局合作大纲，TF-INT 180(CAN)计划组织起来的，旨在协助联合国开发计划署/联合国粮农组织对东部中大西洋渔业的发展计划（东部中大西洋渔业委员会计划—INF/72/074）这英文译本不包括法文原版本的整套讲稿。

翻译的说明

本文件为联合国粮农组织、联合国开发计划署于1980年11—12月在中国上海举办的海洋资源评估讲习班的教材之一，由上海水产学院，东海水产研究所，厦门水产学院等同志译。

目 录

1. 捕捞业和资源的评估	J-P Troadec 1
2. 一个被开发资源的特征	L.K. Boerema 12
3. 动态综合模式	W.G. Clark 23
4. 按照已开发资源的分析性模式计算 在研究中的若干未知数	E.L. Cadima 45
5. Ricker 指数产量模式	A. Laurec 49
6. 改变首先捕捞年令对渔获量的影响	E.L. Cadima 58
7. 群体分析	E.L. Cadima 67
8. 综合模式	E.L. Cadima 82
9. 群体与补充量	R. Jones 102
10. 半效量估算方法	J.P. Troadec 126
11. 资料收集和资源评估的组织	J.P. Troadec 140

捕捞业和资源的评估

联合国粮农组织，罗马

J - P. Troadee

渔业资源的评估可以被看成是通过捕捞而被开发的资源的种群数量变动的方法的应用。在检定可行的方法——这是本文的主题——之前，首先掌握本学科的任务，也即是，鉴定一下在支持渔业中预期这门科学提供的资料的性质和重点是重要的。

1. 世界捕捞业的发展

简单回顾一下渔业的近期历史及其未来的远景，能使我们了解，渔业利用海洋生物的生产力发展到什么程度。对历史的这一瞥，也显示出研究的问题已在时间和根据开发的水平这两方面开展到什么地步。

近上世纪末，紧接工业革命之后，在大西洋和北太平洋，渔业工业化的条件已成熟了。当时做出的某些技术革新，在渔业生产的每一时期大大地增加了渔业的动力和效率。

—— 捕捞工具（拖网，钢壳船体，蒸汽机）；

—— 保藏（冰和罐头加工）；

—— 分配（铁路）；

—— 商业化（在主要工业中心和市区中心的大销路）。

直至第二次世界大战，这种扩展局限于北半球的工业化国家。底栖鱼种类在当时是最重要的捕捞对象，底栖种类的生产大大超过中上层种类。

十九世纪的四十年代末开始，出现两种发展：

—— 由于参加国（苏联，印度尼西亚，秘鲁，泰国等）数量果，工业化捕捞作业扩展到整个世界，使用远离传统的

消费中心，能在船上冷冻和加工其渔获物的远程渔船。

——若干技术革新促进了增强捕捞中上层种类（沿岸的和海洋的种类）。这些技术革新中，有的改进了捕捞方法（改进围捕网具，改良中上层拖网和声学的探测仪器。其它的革新开辟了新销路（使用鱼粉以肥育猪、鸡）。

结果是，1970年中上层种类的渔获量是底栖种类的渔获量的两倍，百分之九十的中上层种类的渔获量和总渔获量的一半加工成鱼粉。

这一系列的技术革新使渔业能够快速扩展，正如本世纪上半叶取得的扩展一样。从1960年至1970年，世界的渔产量从四百万吨增至七千万吨，它意味着产量大致每十年增加一倍。这是任何食物生产方面的最高生产率，而且是生产的增长快于世界人口的增长的为数不多的几个方面中之一。然而，自从1972年以来，总渔获量稳定了主要是由于秘鲁的渔业这个单一资源渔获量下降的结果。目前就整个世界来说，渔业供给人类作为食物消耗的蛋白质的约百分之十。这个比例数比大多数把鱼类作为人类食物中蛋白质的基本来源的发展中国家——特别是在非洲和亚洲的发展中国家——的比例大若干倍。

在这个简单的历史性调查中出现若干问题。首先，人们能够看到，有许多渔业发展的先决条件（资源、捕捞手段、操作和管理设备的能力、劳力、加工和保藏系统、销售网和市场），还有——也是我们所关心的——确立研究机构、渔业和行政管理当局之间的协调的工作关系。事实上，没有这类工作关系，即使是最基本的计划和设备，其潜在力也不可能得到最充分的利用。最近对各国的所作所为进行比较表明，不管是在最发达的，或在最不发达的国家

中，所有如上所述的作为健康渔业必备的条件并不令人十分满意。大体上说，处于发展中间阶段的国家集团（如西班牙、朝鲜、古巴、印度尼西亚等）中，条件似乎更为有利。

第二个值得注意的问题是，在大部份地区渔业分三个阶段发展：

- 强度开发传统的资源（最丰富的，最容易捕捞和销售的，以及那些最靠近现有市场的资源），有时捕捞一直持续到，再捕捞它们已再也无利可图的时候才停止。
- 在传统渔场捕捞非传统的种类（也就是说，在传统种类仍然丰富时没有商业性利益的种类）。
- 逐步向远离原始基地的地区扩大捕捞作业。（而且，在这些地区前两个阶段被重复地进行）。

渔业稳步朝新种类和新地区扩展，已经在开发世界渔业资源的总样式中，产生戏剧性的变化。其实，在以往尽管有孤立的、过度捕捞的情况，各地区的资源并未充分开发，而今天，在大部份地区，大部份种类都被强度开发——甚至过度开发——这需要紧急履行愈加严格的限制措施。

2. 渔业资源的性质和分布

要作为被开发的资源，必须具备下述的某些条件：

- 资源密度必须高达（至少是暂时的）足以提供合算的渔获率的程度。
- 资源和潜在的产量，必须大到足以证明投资是适当的，并且允许渔获率保留在合理的高度上。
- 产品必须是有销路的。这是迄今已把营养水平较低，但

资源最丰富，而且产量最多的种类消除掉的一个条件。

由于海洋生物的广泛散布，这些条件只是偶然相一致。要了介这一点，只需要从世界规模把初级生产力（其数量级是 150×10^9 吨/年）和海洋渔获量（约 60×10^6 吨/年）比较一下就行了。事实上，当前的渔业只在为数不多的、海洋生产集中的多产的“陷阱”区能够存在。要说明渔业高度选择性的本质，把植物区系和动物区系的各种成分的渔获量和它们各自的生物量相比较就足够了。因此，关于植物区系，其开发在地理上的分布很不均匀，而且，基本上只应用于少数几种大型藻类，它的收获量只占水生源生物的总收获量的百分之一。在构成世界鱼类区系的 20,000 种鱼类中，其中一百种鱼就占世界鱼类总值渔获量的百分之七十以上。在 1971 年，单单一种鱼，秘鲁的鳀鱼，即占世界鱼类渔获量的五分之一强，而当时正被开发的七种鳀鱼，其渔获量占总渔获量的四分之一强。（这个比较并没有考虑其生物量达数百万吨的阿根廷和加利福尼亚鳀鱼资源的潜在力。）

自从上一次世界大战以来，中上层鱼类在总渔获量中的比例的增加，是加强捕捞食物链中层次较低的鱼类的测量标准。这种现象甚至能够从中上层鱼类的组成中看出来，在其中食浮游植物者和食浮游动物者的重量比例，在过去三十年中，已从 $4/96$ 上升到 $36/61$ 。这种发展是食物链的较低层次的较大生产量造成的结果。Moiseev (1972) 估计，单海洋浮游动物一项（也就是不包括浮游植物）的产量就被开发鱼种消耗的底栖生物量大十三至十五倍，而直接被捕的或被捕的掠食者食用的食浮游生物者的总重量，却只比被开发的、以底栖生物为生的底层种类的总重量大十至十二倍。当掠食者和被掠食者间关系的复杂性妨碍直接比较时，这些数

字的确暗示着，中上层鱼类资源被开发的程度比传统的底层鱼类小。这个见介被资源评估的结果所证实。该估计表明，全世界沿岸的中上层鱼类资源，每年能再供给一千五百万吨鱼，而底层的鱼类资源每年不可能再供给多于五百至一千万吨鱼。

渔业的地理性分布也具有高度的选择性。差不多全部渔获量是在大陆架的水域中取得的（在1971年，几乎是全部底层渔获物和中上层渔获物的百分之九十四），这说明作为一个区域渔业潜力的因素，大陆架范围大小的重要性。例如，大西洋和北太平洋（那里大陆架特别广阔，而且北大西洋有一半地区深度在一千公尺以内）供给世界总渔获量的一半。这个比例在底层鱼类渔获量中甚至更高。

甚至在浅海区水域，渔业资源也不是均匀地分布。涌流占去海洋中总潜在的渔获量（传统鱼种的）的一半左右，也就是说，占一亿吨数量级中总渔获量的四千万至六千万吨（Cushing, 1972）

事实上，直至现在，人类只是在指去海洋总产量的奶油而已（量少，如牛乳表面一层油一样）。人类能否在不久的将来改进其捕捞作业？在目前前景可分下列三组加以考虑：

(a) 关于传统资源，产量大约不可能增加百分之五十至百分之百以上，也就是说，或许增至约一亿吨。考虑到以前世界渔业的扩张率，这样的—个情景在下一个十年中是可能达到的。在许多区域，并且，为着有更多的捕捞对象和容易利用的资源，这个任务的完成，已经愈加依赖于履行合适的管理计划，而不是依赖于加强捕捞作业。

(b) 从技术上说，现在新资源的发展在某些情况下是可能的！

—— 虾（潜在的可能性在 $50-100 \times 10^6$ 吨左右）

—— 普通的和大洋的枪乌贼（潜在可能性在10和 100×10^6 吨之间）。

——次深海层鱼类（潜在可能性大于 100×10^6 吨）。

这些资源的发展很可能较少依赖于完备足够的捕捞和处理加工过程，而是依赖于寻找新的销路的可能性，至于质（新产品）特别是量（其潜力是可与当前的世界产量相匹敌）二者来说，那是适切的。由于利用较低营养水平的鱼类将取决于仍未能加以定量的其它因素，因此，还没有一种可供人们进一步弄明确这些前景的方法。

——渔获物的成本和产品的价值之间的关系（一方面由于海洋环境分布更广大而增加能量的成本，另一方面，一般新类型的产品的市场价格较低）。

——开发这些资源可能在传统资源的生产上发生的影响。

(C) 在海洋鱼类的养殖场中有某些潜力，在当前，养殖场的产量略高于世界渔获量的百分之五，到1985年，产量可达二千万吨。提供约九百万个就业机会。应该指出，即使海洋鱼类养殖和海洋鱼类捕捞这两种类型的渔业，在某些市场上为某些相同种类的产品而竞争，但是，就其供应来源来说，（也就是说地理学上的分布），它们还将长期地彼此保持独立。既然海洋及其资源相当难于控制，那么，捕捞业在几十年间将仍然是开发公海区为最合适的办法。海洋鱼类养殖将特别集中于较容易管理的狭窄的陆地和海洋交接地带。但是，在这里它将和这个环境的其它用途相矛盾，明显者如：城市规划，旅游业，工农业等，或者直接由于它们彼此争夺同一地盘，或者间接地由于各种类型活动产生的环境变化而相互矛盾。

3. 捕捞业和渔业资源的特有性质

除掉强调了其生物学上的和生态学上的重要性，并强调渔业

资源是能更新的，因而是可以永久地开发的这个事实外，几乎不需要指出渔业资源是活动的东西，但是，并不总是我们所喜欢的（如反对不能更新的资源一样）。

特别是资源是野生的，因而也是自由的。资源在其分布和回游中，是不懂得人们划定好的边界的（所有海洋生物，甚至是固着的种类，在它们的一生中，至少也有一个时期是自由行动的）。所以，一般地说，它们不可能为个体开发者所拥有。后者（个体开发者）一般只能以群的形式（然而，这种群可能是规定的）享有开发的利益。在这些群的范围内，渔民们直接为该资源的产量而竞争，而该资源一般是有限的。（这样一种资源往往被认为是可自由捕捞资源）

由于这些原因，不可能捕捞只有某一年令和某一预定尺寸鱼类。因此，当一个特定年代组的鱼类其重量达最高峰的年令时，不可能捕到其所有的成员，而就家养的肉用动物来说，则能够这样做。而且，在公海中，正如在超过一定大小的内陆水域中一样，环境不可能受控制。生理化学条件、营养盐类，有关植物区系和动物区系的组成（食物，掠食者，竞争者等）等不是人类所控制得了的。甚至就广泛的养殖而说，也只能部份地控制自然以及环境条件的程度而已。这些与控制海洋环境，其栖息者及其栖息者的产量等有关联的困难意味着，诸如摘果子对稳定的农业，狩猎对资源的培育（也就是陆地环境和海洋环境之间）的比较并没有真正地得到证明。这些困难也说明了，虽然鱼类养殖已存在好长的时间（伊特鲁立亚人常常养殖海蛎），但是在实际上，它局限于不活动的种类（贝壳类），而且，不能不限养于（至少能部份地控制的）狭窄的陆地和海洋交接的地带。

知道鱼类资源的活动和野生性质，那么，最适开发率（甚至其

开发的方法，因为那能决定捕捞的个体鱼类的平均年令和大小）不能任意选择。就长期说，最高产量将依靠保持开发率处于和该资源的最高自然更替率相一致的水平上而获得；超过或低于这个比率，将出现产量某种程度的下降。资源评估的任务是为各种资源确定什么是它们的最高更替率，以及要实现这一任务开发的样式（注1）应是什么。本课的目的是保证这个工作能够怎样做。

4. 资源的调查和评估

事实上，所需资料的种类及其精确性，随着开发一种资源的强度而变化（见图1）。

当开发仍属轻度或等于零时，第一步由对那些最可能支持该渔业的扩展，并能满足市场需求的资源的鉴定组成。

在渔业发展的各个阶段的研究工作中，根据正被寻找的资料的性质，是可能做出区别来的：

(a) 旨在指导渔业朝着更为有兴趣的资源（记住每一个国家的需要和能力），以便以最合适的次序发展，利用各种资源的渔业而做的调查。但情况常常并不是这样的，因为渔业往往根据借用的态度（*borrowed attitudes*）或只是以很少切合实际需要的方法发展的。因此，在非洲西海岸的底层鱼类的拖网渔业，比更适应该区域需要的沿岸中上层鱼类的围网渔业发展得早。这类调查的目的是要考虑：

——潜在的能用资源的清单；

※

※

※

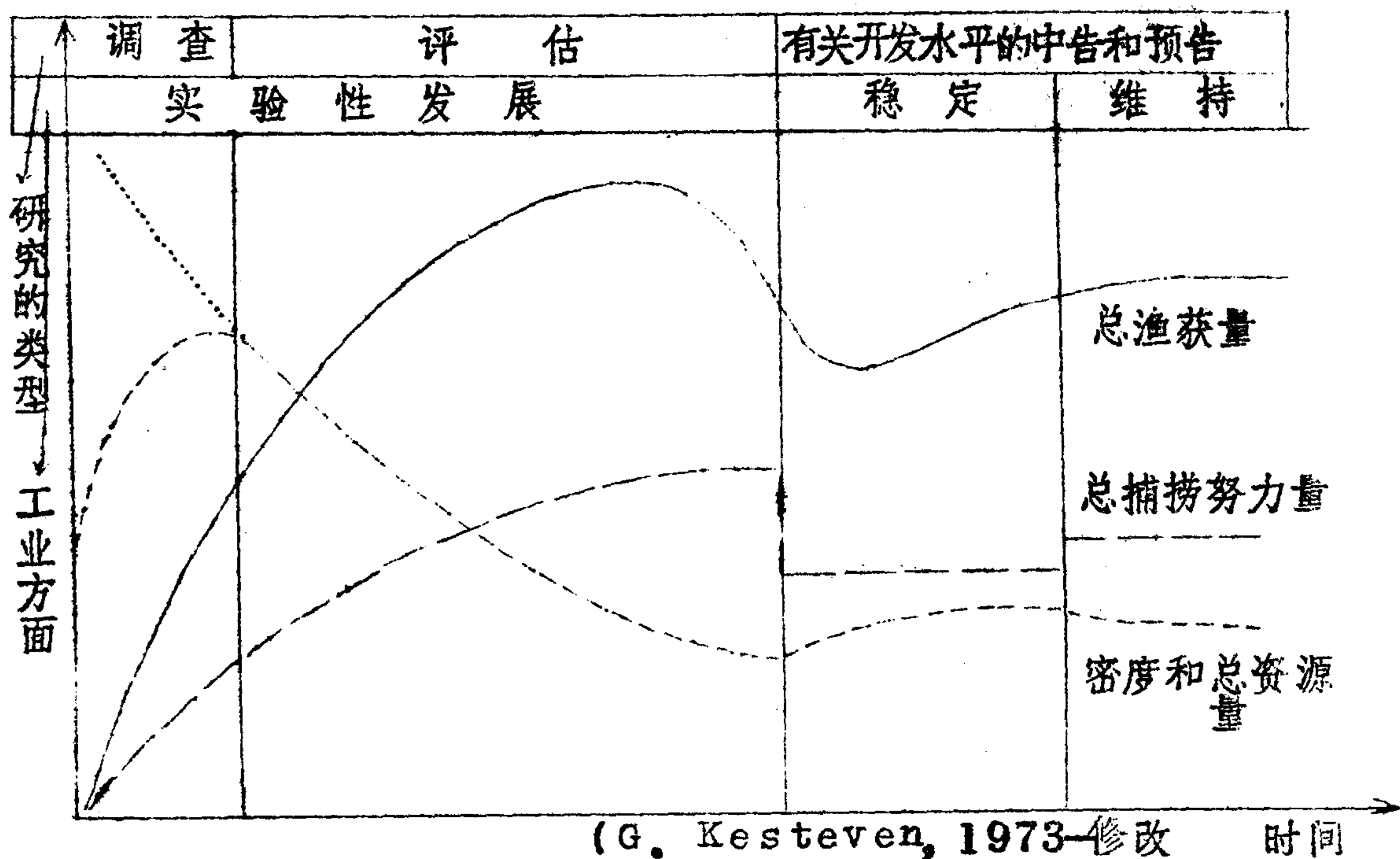
注1：开发的样式在此意味着，渔获率和开发方式的结合。

- 相应的渔获量的商业可能性;
- 大致的潜在渔获量的数量级, 或者说, 至少是这些可作为发展计划的暂时上限使用的这些潜在渔获量的最小限度。

而且, 为着引起潜在的投资者的兴趣, 需要取得有关下列各项的数字:

- 各种类型渔船和渔法的估算渔获量和收益;
- 渔获率的季节性的和地区性的差异 (特别是通过在时间和空间上确定最密集鱼群的位置)

(b) 监测不同开发水平的资源的状况。所有的渔民都懂得, 当开发一种资源的渔船数增加时, 渔获率和个体渔获量将逐步下降, 直到一定水平, 总渔获量的稳定 (图 1)。那么, 任何新投资将导致资源量和渔获量长期地下降, 因为不断增加的捕捞努力量将不会



(G. Kesteven, 1973—修改) 时间
图 1 一种渔业的发展

无限地增加总渔获量，适当的计划需要预告，捕捞努力量不同程度的增加，一方面对于资源的大小和组成，另一方面对于鱼类的产量和总渔获量产生的影响。

特别是必须找出下列问题的答案：

- 现在的渔获量表示潜在的最高渔获量的比例是多少？
- 现在的渔获率是多少？若强化捕捞作业，这些渔获率将如何变化？
- 要获得能够预见到的生产水平，需要多大的渔船队？
- 给定的网目尺寸，或者说，更通常的是个体的捕捞对象的最小尺寸的变化，对于资源和渔获量的影响将是什么？

(C) 潜在的最高渔获量的评估。事实上，有如下太多的事例：对于潜在渔获量的过份乐观的评估已导致过份投资，并最终导致相当程度的经济损失；未能做出决定以控制捕捞，已导致严重地过度开发资源和某些渔业的垮台。既然在短期内渔业控制能造成真正的困难（减少投资，丧失工作），有关资源状况的资料应该是十分清楚和精确的，以便说服决策者。最后，应该指出，潜在的渔获量很少连续二年保持不变。事实上，根据变化着的环境条件，能捕捞得到的最高超过渔获量容易年年产生变化。正如长期的变化一样，这些无法预期的波动，对于某些资源如沿岸的中上层鱼类来说，可能是十分大的。为着从这些资源中取得最大的利润，在渔业管理计划中考虑这些波动，或者说，至少在资源量不正常地下降时，能够减少捕捞，这种做法是明智的。所以，资源的评估应被看作一件进展中的工作，在工作中对资源的评估是在继续不断地被调整和改善的。

5. 简单的书目

Cushing, D.H., Upwelling and fish production. FAO
1969 Fish.Tech.Pap., (84):40 p.

FAO, Yearbook of fishery statistics. Catches and
1974 landings. Yearb.Fish.Statist., (36):
pag.var.

FAO, Department of Fisheries, Atlas of the living
1972 resources of the seas. Rome, FAO,
pag.var.

Gulland, J.A.(ed.). The fish resources of the ocean.
1971 West Byfleet, Surrey, Fishing News (Books)
Ltd., 225 p. Rev.ed of FAO Fish.Tech.Pap.,
(97):425 p. (1970)

Kesteven, G., Manual of fisheries science. Part 1.
1973 An introduction to fisheries science.
FAO Fish.Tech.Pap., (118):43 p. (issued
also in French and Spanish)

Moiseev, P.A., Development of fisheries for tradition-
1973 nally exploited species. J.Fish.Res.
Board Can., 30(12) Part 2:2109-20

Suda, A., Development of fisheries for non-conventional
1973 species. J.Fish.Res.Board Can.,
30(12) Part 2:2121-58

Troadec, J.-P. et R. Letaconnoux, La production marine
1976 et l'aménagement des peches. In Océanographie
Biologique appliquée: l'exploitation de la vie
marine, par p. Bougis et al. Paris, Masson, pp.
158-83

Troadec, J.-P., J.C. Huveau et R. Grandperrin, Les per-
spectives du développement des peches. In
Océanographie biologique appliquée: l'exploit-
ation de la vie marine, par P. Bougis et al.
Paris, Masson, pp. 184-207

一个被开发的资源的特征

联合国粮农组织，罗马

L. K. Bocerema

1. 捕捞的效果。

在一种鱼类资源中，每年都有大量的鱼出生，在一个年代组的生命期间，每年都有一定百分比的鱼类死亡，有些鱼类直至几年后，而有的鱼类至较长的一段时间后，所有该年代组的鱼都消失为止。

表1——长命鱼类（年死亡率百分之二十）和短命鱼类（年死亡率百分之七十）一千条幼鱼在连续各年的存活数。

年死亡率 %	年 令											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	等
20	1000	800	640	512	410	328	262	210	168	134	107	—
70	1000	300	90	27	8	2	1					

可以画出一张提供一个年代组鱼类，在其一生中连续各年的数目表。我们也能把若年代组包括于如表2的图式中。

表2——一系列连续年代组的一千条幼鱼每一年令存活数。年死亡率20%。

年	年 令					
	0	1	2	3	4	等
1959	1000	800	640	512	410	—
1960	1000	800	640	512	410	—
1961	1000	800	640	512	410	—
1962	1000	800	640	512	410	—
1963	1000	800	640	512	410	—
等	—	—	—	—	—	—

假使我们设想，在其生命期间的每一年，鱼类有百分之二十死亡，于1959年出生一千条鱼，那么，表中矩形内的数字表明该年代组在每一年令的存活数。假使每一年出生同样数目的鱼，可以看出来，在一年中出现的每一年令的鱼类数字（曲线圈内的数字）和在其生命期间（矩形中数字）连续年令中一个年代组的鱼类数目相同。因此，在某一年中资源年令数的下降也反映出鱼类的死亡率。

通常年代组强度逐年波动不定。我们能够以表2的方法再造一个表。任何一年中资源的年令组成取决于年代组的波动率，但是，假使这些波动不太大，年令组成仍将反映死亡率的平均衰退情况（表3）。

表3——每一年令的鱼类数及变化的年级强度。年死亡率20%。

年 份	年 令					
	0	1	2	3	4	等
1959	1000	800	960	307	410	—
1960	900	800	704	768	246	—
1961	1300	720	640	563	614	—
1962	600	1040	576	512	451	—
1963	1000	480	832	461	410	—
等	—	—	—	—	—	—

假使一种资源被开发，每一年有一部分鱼类被捕。因此，鱼类数的减少随着年令的增加而加快。如果存活数置于如上表的所示，可以看出来，在任何一年中，资源量比没有捕捞者小，而且，渔业愈加强烈地进行，资源量就愈小。其差异在较老的鱼类中最为显著。渔业捕捞得愈厉害，海中的资源就愈少，所以，每只渔船的渔获量