

评估渔业资源的调查方法

SURVEY METHODS OF
APPRAISING FISHERY RESOURCES

联合国粮农组织



数据加载失败，请稍后重试！



数据加载失败，请稍后重试！



数据加载失败，请稍后重试！

文 件 的 准 备

联合国粮农组织过去曾出版了几种手册，分别论述了对海洋鱼类群体进行调查的各方面问题与方法。本手册的目的是：提供有关调查项目的简明而综合性的看法以及进行调查的各种有用方法；对各调查项目与方法如何作出必要的选择提出建议；根据各种环境如何计划和进行有效的调查。

本手册系由 Aberdeen 海洋研究所的 A. Saville 先生会同联合国粮农组织的渔业资源与环境处成员并与本册序言中所列举的选稿人合作写成。

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 月在中国上海举办海洋资源评估讲习班的教材之一，现译成中文以供使用。

目 录

第一章 序 言	1
1-1 调查目的	1
1-2 本册子的组成	3
参考资料	4
第二章 探捕调查	5
2-1 探捕调查与有关的调查形式	5
2-2 规定调查目的	6
2-3 调查区域与时间	7
2-4 调查估算的精密度与准确度	8
2-5 调查估算的置信界限	9
2-6 分层采样	12
2-7 采样渔具与方法	17
2-7-1 网具类型	17
2-7-2 采样渔具的标准化	18
2-7-3 对比捕鱼	18
2-7-4 拖网站的位置	20
2-7-5 放网的时间与持续时间	21
2-8 对渔获物采样	21
2-9 航次计划与报告	23
参考资料	24

第三章 声学调查	25
3-1 声学系统的特点	25
3-2 某些基本规则	27
3-3 资源量估算方法	29
3-3-1 回声图像的分析	29
3-3-1-1 回声计数	30
3-3-1-2 目视分级	31
3-3-1-3 鱼群计数与按大小分级	33
3-3-2 示波器分析	34
3-3-3 自动信号处理系统	35
3-4 采样讨论	36
3-4-1 统计讨论	37
3-4-2 系统误差(偏差)	38
3-4-3 一般讨论	42
参考资料	44
第四章 间接法预报渔业潜力	51
4-1 初级生产力	51
4-1-1 现有的估算初级生产力的背景资料	52
4-1-2 根据初级生产力估算所得的鱼产量的估算	52
4-1-3 测定初级生产量的方法	55
4-1-4 将初级生产量估算作为鱼产量估算指导的 实用价值	56
4-2 浮游动物资源量	56
4-3 卵和幼体调查	58

4-4	较高食物性级的胃含物检验	63
	参考资料	64
第五章	资料收集与记录	69
5-1	资料收集	69
5-2	资料记录	70
5-3	调查鉴定与叙述	71
5-4	识别站位与观察记录	72
5-5	渔获量资料	75
5-6	记录长度组成	76
5-7	生物学资料	81
5-8	记录声学资料	82
	参考资料	85
第六章	资料分析与报告	86
6-1	可利用的鱼种及其季节与地方分布	87
6-2	潜在的商业渔获率估算	88
6-3	标准群体大小	90
6-4	潜在产量的估算	92
6-5	调查结果的报告	96
	参考资料	97
第七章	关于选择调查方法的结论与一般原理	99

第一章 序 言

自第二次世界大战结束以来，人们对于可从海洋中获得的潜在食物资源的评估发生了很大兴趣。引起这种兴趣的二种原因是：由于发达国家建立已久的高效捕鱼工业在一些传统渔场捕捞过度，使资源枯竭；捕鱼工业欠发达的一些国家对从其接壤海岸的海域中获取蛋白质食物的兴趣日益增加。在不远的将来，这种兴趣很可能由于海洋法的发展而愈益受到鼓励，因为各个国家均试图对它们的专属渔业区延伸海域内的可利用海洋资源总量，掌握更精确的评估方法。

由于这些压力的结果，近30年来在世界各地曾进行了大量调查以评估有什么新资源可供开发利用，哪些已开发资源可通过扩展原有渔区而能提供更多的产量。许多国家与国际机构曾作过此类调查，联合国粮农组织也曾在广阔的海域创始、指导及报告过此类调查。

然而，这种资源调查可能在发展计划中难以阐明和实施，如果预期目的规定不明确，还会导致错误；但就人力和可利用的装备来说，进行这类资源调查还是可行的。此外，后续计划及执行此计划必须便于达到这些目的。必须了解，关于如何发掘资源潜力，过去所做过的许多调查进展甚微，从而促使联合国粮农组织发表一系列资源调查手册，提出改进从这些调查中所获资料的质量。然而早在这些手册写成以前，渔业科学又取得了很大进步，因此在1976年曾决定，这些手册应予充实并汇编成包含资源调查各主要方面内容的单行卷本。目前能出版本册子应感谢早先的作者，本册子实际上是根据他们的著述修订的，并没有对研究课题提出完全新的解决途径。

1-1 调查目的

渔业资源的调查目的在很大程度上将取决于拟开发渔区的渔业发展阶段以及对开发资源所具有的知识现状。这种资源调查基本上能提供关于下述任一项目的资料，但它不可能从相同的调查中获得

所有项目的有用资料。

资源调查的项目为：

- (a) 区域中什么鱼种是可利用的；
- (b) 它们在区域内的分布怎样，其季节与空间变化如何；
- (c) 能达到怎样的渔获率（即单位时间单位船只的渔获量），渔获率随季节的变化及在区域内的变化如何；
- (d) 资源量的大小怎样，其哪一部分可予开发利用；
- (e) 怎样的捕鱼技术最适宜于捕捞该资源；
- (f) 预期的年持续产量有多少。

调查的性质将取决于哪些问题最迫切需要解决，因为要解决不同的问题要求不同的调查设计。一种调查设计不可能提供所有的解答。所以设计一种调查的第一阶段是要清楚地验证其目的。

每一种资料的相对重要性基本上取决于进行调查时捕鱼工业所达到的发展阶段。在资源未开发或开发程度较低的区域，第一个重点将可能是提供可利用的鱼种，它们的区域与季节分布，可能渔获率，最适宜于捕捞的方法是什么等等，以便决定必须用于开发或扩大作业区域的投资。在此阶段，对于可能持续产量的初步估算，也将作为一个有用的指南，以表明在渔业中进一步研究或增加投资是否恰当。

在发展进程中，客观情况将进一步对资源量的精确评估，从中可得到的持续产量与最佳的管理措施，以定出未来投资的规模、方向与工业的发展，特别要保证投资不任意超过资源能够维持的水平。这些情况过去在世界的很多地方经常发生；在许多主要的世界海洋资源处于枯竭状态时，作后续的调正就非常困难。

在本册子里，我们仅讨论为达到与上述目的有关的调查，也就是讨论Alverson(1971)所说的“探捕调查”或者象Gulland(1975)更确切地所讲的“资源评估调查”。在渔业科学中，还可能还有其他调查目的，例如监测群体大小或组成的年变化或长期变化或估算渔具改进后的相对效率。然而上面这些调查目的一般来说关系到高度发达的渔业，而我们基本关心的是促进对潜在资源的开发发展。

如果一种资源调查需持续若干年，而与此同时，作为商用、渔业正在发展，则调查结果也能对资源的利用率提供若干监测资料。

在开初的计划阶段，重要的是应对初步的目的予以清楚地规定，因为它与该区域的渔业现状有关，与政府和工业部门将来的发展愿望有关，尤其是与进行调查的可利用的资源有关。调查目的基本上很可能由政府或其他出资调查的机构来规定。但是负责进行调查的科学家应在较早阶段充分考虑，以保证调查工作在以下二个方面是切合实际的：一是随着工业发展很可能提出的进一步要求；二是获取可供使用的资源。

资源调查不可避免地耗资极大，付出了昂贵的代价是为了期待可靠的情报资料，它们在引导未来的投资与管理措施方面将具有实际价值。经常会发生的是，调查计划非常合乎需要，但各项目均侵占掉可利用的时间，人力和装备，以至使一些主要项目变得消声匿迹；有时对某个单一项目并未作出充分的努力，但达到的结果却是非常有实用价值的。具有多项目的调查不大可能取得除上面粗略叙述以外的任何结果。因此在初始计划阶段重要的是要规定按优先程序排列的拟测量的参数。

1-2 本册子的组成

鉴于资源调查必需根据调查目的进行计划与组织，因此在本册子内分章讨论可行的调查方法与过程是较为实用和方便的。读者能决定用哪种方法或综合性的方法最适宜于达到他的目的，并记住适用于他从事调查的方法。

拟研究的各章如下：

探捕调查，从初始的计划阶段直至完成它们的细节；

利用各种精密装备进行的水声学调查；

根据作业预报潜在产量的间接方法，这可以采用测定基础生产力，调查卵与幼体或采用胃含物的食性分析等方法进行；

资料收集与记录，这对任何调查结果的解释和报告均是重要的部分；

资料分析与报告，这是所有先期调查活动的高潮，但是其收效

是与投入其中的力量对等的。

总结与全面考虑选择调查方法，包括对调查目的的规定提出建议，并根据前面几章所述的资料选择调查方法。

我谨向准备第二章初稿的A. Corten, Ijmuiden 教授，准备第三章初稿的R. E. Thorne 教授，准备第四章初稿的O. Dragund, Bergen 博士与准备第五章初稿的W. B. Hall, Aberdeen 先生表示诚挚的感谢。

参 考 资 料

Alverson, D. L., Manual of methods for fisheries resource survey and appraisal. Part 1. 1971 Survey and charting of fisheries resources. FAO Fish. Tech. Pap., (102): 80 p.

Gulland, J. A., Manual of methods for fisheries resource survey and appraisal. Part 5. 1975 Objectives and basic methods. FAO Fish. Tech. Pap., (145): 29 p.

Mackett, D. J., Manual of methods for fisheries resource survey and appraisal. Part 3. 1973 Standard methods and techniques for demersal fisheries resource surveys. FAO Fish. Tech. Pap., (124): 39 p.

第二章 探 捕 调 查

2-1 探捕调查与有关的调查形式

“探捕调查”一词通常用于未开发地区的调查。探捕调查是为了阐明哪些鱼种可予捕捞，估算群体的绝对资源量，初步估算它们的潜在产量，并提供每船渔获量的粗略估算值。即使捕鱼工业已在一个区域得到发展，仍需要用研究船进行渔业调查，以便监测在作业影响下群体资源量的变化，或估算作为今后管理基础的渔业补充年代级的强度。在探捕调查的指引下，可大致规定相当广泛的各研究船的活动。这些活动包括以下各类：

1) 渔业侦察：使用渔业调查船探索经济鱼类的集群地方，并把情报传送给商业渔船队。

2) 试验性捕鱼：旨在设计最佳型的装备与捕鱼策略，以便提高某一种特定渔业的效率。

3) 远景调查：目的是在使用某一种特定型的渔船和渔具时提供可能渔获率的估算。

4) 资源评估调查：设计提供以下情报：什么鱼种对某种渔业是可利用的，并初步估算它们的资源量、分布及潜在年产量。

5) 资源监测调查：目的在于研究群体资源量与分布的逐年变化与长期变化。

本章我们主要论述资源评估调查，但是所收集的调查资料常能用于监测资源量及其分布的变化。

在资源评估调查与资源监测调查之间的区别在于对前者要求估算资源的绝对量。相对来说，在一个被开发的群体中，监测其逐年资源量相对变化常常是足够的。鱼的资源量可表示为使用一种标准渔具时每小时的渔获量，此数值可与长期平均值相比较。此类调查常在每年的相同时间按常规进行。

虽然资源评估调查与资源监测调查的目的有区别，实际上它们在调查方法上是非常相似的。本章所述的各种方法对二种类型的调查均适用，不准备进一步叙述它们之间的差别。

2-2 规定调查目的

调查目的通常基本上在计划任务书中详细规定。受理计划的行政官员将宣布调查应包括哪些区域，以及他们比较感兴趣的鱼种是什么。基本目的将是调查有关鱼种的分布类型，并估算它在绝对期限内整个渔区中的资源量。在新区域里，潜在年产量的初次估算从未开发种群生物量的估算中获得：

$$Y = 0.5 M B_0 \text{ (Gulland, 1975)}$$

式中 Y = 最大持续产量

B_0 = 未开发的标准群体的生物量

M = 自然死亡率

另一个目的将是收集我们所研究的鱼种的生物学资料。这些资料被用来分析不同的单元群体，跟踪鱼的洄游，研究它们的再生产周期，并依靠使用年令结构、生长率与死亡率等资料作出更精确的群体估算。所要求的资料类型是：年令鉴定，体长和体重，成熟度，含脂量，寄生虫，Meristic 特性等等。在同一调查中在采集浮游生物的样品时也可能采到卵与幼体样品。

第三个目的是收集环境资料。这对于调查鱼的分布和某些环境参数之间的关系是有价值的。这些环境参数如盐度，温度，营养量，混浊度，浮游生物量等等。

如果能清楚地确立环境资料与鱼的分布及资源量之间的关系，那么这种资料可能是有价值的；尽管如此，也不能把过多的可利用时间轻易消耗于收集环境资料，而放弃主要项目的调查。有时候所规定的项目与可利用的船舶时间及人力相比显得太大。在这种情形下，必须用下述方法在各调查项目中排列优先的程序：

1) 估算整个调查区鱼种的资源量与分布。这要求充分注意选择与试验一个适当的采样渔具。此外应把船舶的可利用时间尽可能用来多拖几个网次（见 2.4—2.6 节）。

2) 收集生物学资料。这是调查中有价值的副产品，只要它不影响拖网次数。在海洋中收集的生物学资料对于商品上市鱼的采样是一个有用的补充。然而总的说来，在可能的场合，这些资料应该

从商品上市鱼中获取，因为这提供了比研究船的调查更为稳定与便宜的采样来源。然而必须记住，由于渔具、时间和地点的限制，渔工所采到的样品是经过拣选的有偏差的样品。尽管对于研究船和生产船来说，所使用的渔具很可能具有相同的选择性，但研究船的采样至少可有助于验证此偏差的第二部分，并予以修正。

3) 收集环境资料。这是常常给予过多注意的课题。如果在调查区或其它对照区清楚地表明，鱼的分布是受一种易于测量的水文参数支配的话，那么这种环境资料才是应该予以收集的。如果这些资料的用途已被清楚地规定，也应予以收集。

总的来说，重要的是不能使调查项目“超载”。如果谁预先不知道资料将作何用，谁就不应该去收集它。如果计划任务书具有较普通的性质（如上层鱼资源调查），则在作一些初步调查之后，最好把目标集中在一、二个鱼种上。在小规模计划中，注意不要把过多的精力消耗在种类繁多的鱼种上面，因为它要求不同的调查策略或渔具。

2-3 调查区域与时间

调查区域通常在计划任务书中以明显的标题指明。然而，通常适当的做法是，并非把采样工作分散在全区进行，而是集中在鱼密度较高的区域进行（见2.6节）。关于鱼分布的初步情报可从同一区域或邻近水域的早期调查中取得。当地渔工有时可提供典型的鱼的分布类型方面的情报，并且所有相近似的鱼的分布情报应在最初拟订的采样计划中得到应用。如果从现成的来源中不能得到充分的情报，那么为了验证调查区中最有指望的部分，作一次初步的调查还是值得的。如需要根据从调查结果中得到的新资料去提高未来调查的效率，那么这种初步采样计划今后应予以修正。

为资源评估进行的捕捞调查通常是一项专门计划的组成部分，它可能要持续几个月到几年的时间。如果可利用的船只调查时间相当多，那么人们可选择进行少量的大规模调查或进行大量的较有限度的调查。这种选择决定于预期的鱼的分布类型。对于具有稳定分布类型但在不同底质区域其资源量差别较大的鱼，则需要进行次数

少而扩大规模的调查。另一方面，某些鱼种，特别是上层鱼种，由于季节性洄游，在短时间内在地区资源量方面可显示出很大的差别。在此种情况下，要求进行更频繁的调查，而每次调查的拖网次数可减少。实际上，如有理由怀疑鱼的分布或资源量的逐年变化较大，则根本的办法是把调查工作分散到几年中进行。否则必须在弄清楚出现特殊年份的情况后才能决定投资与否。

2-4 调查估算的精密度和准确度

资源调查的结果可能包含二种类型误差：随机误差与系列误差。随机误差是由于各网次之间的变化而产生的。如果各个网次具有较大的变化，则每网次的估算平均数便具有相应高的标准误差。这时估算的精密度便较低。如果调查是由同一些船只在相同时间内进行，则对每次调查我们可能得到差别极大的平均值。在本章的后面一些，我们将见到，通过增加拖网次数与（或）在鱼密度较高的区域集中采样（直接采样），调查的精密度便能改善。

然而，即使拖网次数多且精密度高，调查估算仍然同实际数值有较大差别。这时，如果调查重复多次，其结果便十分近似，但却永远与实际数值不相同。这是由于偏差的系列误差影响了调查估算的准确度。系列误差可能是由以下一些因素导致产生的：选错采样渔具，鱼类行动的昼夜变化，船长指挥不当，例如他把网投放到测得鱼群映像的区域而不投放在预定的随机选择位置，因而从鱼密集区得到的渔获量高于整个调查区的渔获量。

从调查结果本身是无法衡量系列误差的程度。唯一能做到的是确保渔具作业正常，投网的分布位置是真正随机的，从而试着尽可能避免系列误差。调查结果的准确度只能通过对比进行检查。把它们同来源完全不一样的群体估算作对比，例如同水声学或卵、幼体调查或标志放流试验作比较。

另一方面，调查估算的精密度可直接根据各网次的方差来计算。这将在下节论述。精密度的测算对于准备应用调查结果的管理人员来说是非常有用的。如果调查估算的精密度低于他们的最低要求，便应在以后的调查中增加采样数量。

2-5 调查估算的置信界限

在用拖网作调查时，生物学家常会遇到对他来说是新的统计问题。下面的问题可作为二个例子：

a) 调查估算如何才是精密的？例如，在一次调查中，譬如说拖了50网次，在某一渔区得到的平均渔获量是每小时500尾鱼，那么这与真正的种群平均值（也即该区网次不定数的平均值）的差别如何呢？换言之，在将产生真正的种群平均值之间的界限是什么？譬如说是全部事件中的95%（95%的置信界限）？这将在490和510之间，或300与800之间？

b) 为获得预定的精密度水平应拖多少网次？如果所需要的估算不超过与真正种群相差譬如说20%，应拖多少网次？

为了解决这些问题，我们必须考察拖网渔获量的统计分布，更为重要的是系列渔获量的平均值分布。

如果各个拖网渔获量的系列值被标绘在出现频率分布图中，其结果看来有点象图1。此图与正态或泊松分布极为不同，它通常在生物学资料中可找到。这里分布极为偏歧，因为有许多网次捕到几尾鱼，而若干网次捕获异常多的鱼。这是由于鱼在一些特定区域集中的缘故。这些经常从一系列拖网渔获量中得到的非常偏歧的分布是“传染”分布的实例。他们的特点是有一个十分大的方差，比群体的平均数为大。Elliot(1971)对各种类型的“传染”分布作了较好的描述。然而我们直接感兴趣的统计是系列网次的平均数。假定在大量观察（至少30次）的基础上，则不管从其中采样的分布类型如何，系列拖网的平均数统计具有较简单的正态分布特点。这样，如果我们使用同一船只在相同的时期重复多次调查，便会发现，从各次调查所得的平均值均属于正态分布。此正态分布的平均值等于原先的偏态分布的平均值，这是我们试图从拖网调查结果中估算的数值。

每网次调查平均渔获量的方差为

$$\text{Var}(\bar{x}) = \frac{\text{Var}(x)}{n}$$