

文章编号: 1674-5566(2009)04-0495-07

· 综述 ·

## 鱿鱼类资源评估与管理研究现状

陈新军<sup>1,2,3</sup>, 曹杰<sup>1</sup>, 田思泉<sup>1,2,3</sup>, 刘必林<sup>1,2,3</sup>, 钱卫国<sup>1,2,3</sup>

(1 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306;

2 大洋生物资源开发和利用上海市高校重点实验室, 上海海洋大学, 上海 201306;

3 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海海洋大学, 上海 201306)

**摘要:**近几十年来随着传统鱼类资源衰退,具有短生命周期特性的鱿鱼类资源量和捕捞产量出现了增长,并已成为世界海洋捕捞业的重要捕捞对象,因此对鱿鱼类资源进行科学评估和管理是一个极为重要的课题。但由于鱿鱼类具有生命周期短(通常为一年)、产完卵即死、资源量极易受海洋环境影响等独特的生活史特征,使得世界各国对鱿鱼类资源评估和管理的研究处在发展初期。目前,在鱿鱼类资源评估和管理的研究中,应用较多的是经过改进的传统鱼类资源评估方法,如衰减模型、剩余产量模型和群体分析模型等,但这些模型主要适用对象为具有长生命周期的种类。考虑到鱿鱼类既是大型鱼类和哺乳动物等的重要饵料,又是人类未来重要的开发对象,在海洋生态系统中扮演着极为重要的角色,因此,在今后的研究中,需结合目前已有研究基础,加入海洋环境变量,发展基于生态系统的鱿鱼类资源评估模型与方法。同时,应采取实时动态的产出控制管理方法,以确保来年一定的资源补充量,达到资源的可持续利用。

**关键词:**鱿鱼类;短生命周期;渔业资源评估;渔业资源管理

**中图分类号:** S 932 **文献标识码:** A

## Review on stock assessment and management of the squids

CHEN Xin-jun<sup>1,2,3</sup>, CAO Jie<sup>1</sup>, TIAN Si-quan<sup>1,2,3</sup>, LIU Bi-lin<sup>1,2,3</sup>, QIAN Wei-guo<sup>1,2,3</sup>

(1 College of Marine Sciences Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2 The Key Laboratory of Shanghai Education Commission for Oceanic Fisheries Resources Exploitation, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

3 The Key Laboratory of Foundation of Province and Ministry of Education for Oceanic Fisheries Resources Sustainable Exploitation, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** With the decline of traditional stocks in the world during the last several decades, the stock size and fishing catch of squid with short-life cycle began to increase, and the squids have become one of the important fishing targets. Therefore, it is an important topic for us to carry out assessment and management of the squids. The lifestyle of squids featured by short life span (usually for one year), semelparous and variable resources affected by environmental condition presented particular problems for the assessment and management of the fisheries, which makes the research of squid resources assessment and management in the

收稿日期: 2008-10-30

基金项目: 国家自然科学基金(NSFC40876090); 曙光计划跟踪项目(08GG14); 上海市教委优秀青年基金(B-8101-080-0024); 上海市捕捞学重点学科(S30702)

作者简介: 陈新军(1967-), 男, 浙江义乌人, 教授, 博士生导师, 主要从事渔业资源与渔场学、远洋鱿钓渔业等方向的研究。E-mail: xichen@shou.edu.cn

early stage of development. At present, some improved traditional assessment methods, such as deplete model, surplus production model and cohort analysis model, are applied into the squids fishery, but these models are designed for long life-cycle fishes. As we know, the squid is not only one of the main foods for large pelagic fishes and mammals, but also has a great potential fishing target, so we think that the squids are key component in the marine ecosystem. It is necessary for us to develop a new assessment system based on ecosystem, including environmental variables, and use output control method to manage in order to maintain the recruitment of squid in the next year and sustainable use of squid resources.

**Key words:** squid; short life cycle; stock assessment of fisheries resources; management of fisheries resources

鱿鱼类一般是对头足类枪形目 (Teuthoidea)的俗称,包括柔鱼科 (Ommastrephidae)、枪乌贼科 (Loliginidae)和其它一些开眼亚目类<sup>[1]</sup>。作为重要的海洋经济动物,其具有生命周期短、生长快等特点,资源丰富<sup>[2]</sup>。随着世界传统底层鱼类资源的衰退以及人类对海洋蛋白质需求的不断增加,鱿鱼类作为优质动物蛋白质的来源和新兴渔业越来越受到渔业国家的重视<sup>[1-2]</sup>。近几十年来,世界头足类渔业发展较快,其产量在世界海洋渔获量中的比例也不断增加,从上世纪 70年代的 1%增加到目前的 5%以上<sup>[2]</sup>,2006年世界头足类总产量接近 400 万 t,其中 70%以上为鱿鱼类。我国是生产头足类的主要国家之一,年头足类总产量超过 100 万 t,主要捕捞对象为柔鱼科<sup>[2]</sup>。由于鱿鱼类不仅是大型鱼类和哺乳动物等重要饵料,同时也是今后渔业的重要捕捞对象,如何科学评估其资源,采取何种管理措施确保其资源的可持续利用,越来越得到世界各国学者的重视<sup>[3-4]</sup>,然而目前全球只有少数鱿鱼种类的资源被进行评估并得到初步管理,大部分处于空白状态<sup>[4]</sup>,我国对鱿鱼类资源评估与管理的研究也处在刚刚起步阶段。为此,本文就目前国内外对鱿鱼类资源评估和管理的研究现状及其进展进行归纳与分析,并提出今后的发展方向,为可持续开发和科学管理鱿鱼类资源提供参考。

## 1 鱿鱼类生活史特点及传统评估方法的缺陷

鱿鱼类属于短生命周期种类,大多数商业开发种类的寿命小于 1 年<sup>[1]</sup>。具有运动活力强、摄食数量大、消化能力强、生长迅速、性成熟早等特点<sup>[1, 3]</sup>,使得其在 1 年的时间内完成整个生命过程(图 1),因此与长生命周期种类在生活史过程和种群动力学上有着很大的不同,其中最主要的差别在于鱿鱼类亲体在产完卵后随即死亡,是典型的生态机会主义者,种群资源量的大小完全取决于补充量的多少<sup>[3-4]</sup>。但其补充量容易受到环境因子波动的影响<sup>[3]</sup>,这给鱿鱼类资源评估与管理带来很大的困难。已有的研究表明,北太平洋柔鱼 (*Ommastrephes bartramii*)资源量不仅与黑潮和亲潮的变化有关<sup>[5]</sup>,而且还受到厄尔尼若、拉尼娜等现象<sup>[6]</sup>,以及产卵场场适宜表层水温 (SST)范围<sup>[7]</sup>等的影响;日本附近海域太平洋褶柔鱼 (*Todarodes pacificus*)资源量多少与对马暖流<sup>[8]</sup>和气候冷暖年份<sup>[9]</sup>等有着密切的关系;西南大西洋海域阿根廷滑柔鱼 (*Illex argentinus*)补充量的变化 55%可用产卵场适宜 SST 范围来解释<sup>[10]</sup>;东南太平洋茎柔鱼 (*Dosidicus gigas*)资源变化直接受到厄尔尼诺和拉尼娜现象的影响<sup>[3]</sup>;欧洲枪乌贼 (*Loligo vulgaris vulgaris*)<sup>[10]</sup>、好望角枪乌贼 (*Loligo vulgaris reynaudi*)<sup>[11]</sup>和巴塔哥尼亚枪乌贼 (*Loligo gahi*)<sup>[13]</sup>等补充过程也受到海洋环境的影响。

由于鱿鱼类的种群动力过程和生活史特征与长生命周期种类完全不同(图 2),因此传统渔业资源评估和管理方法并不一定适合于鱿鱼类。传统评估方法主要用于中等和长生命周期的种类,且必须有连续多个世代的样本数据<sup>[14]</sup>,然而鱿鱼类的生命周期通常只有 1 年<sup>[3]</sup>;传统的渔业管理目标是维持一定的产卵群体数量以避免补充群体过度捕捞而导致的资源崩溃<sup>[14-16]</sup>,即维持最大可持续产量 (MSY)作为管理目标,但是由于鱿鱼只有一年生,没有剩余群体,因此其 MSY 是无法确定的<sup>[4]</sup>。目前,鱿鱼类资源评估多数只能对渔获量、种群结构和丰度指数等参数进行描述,缺乏对鱿鱼类资源动力学的理解和对一些种群参数的估计<sup>[4]</sup>,为此,需要结合鱿鱼类生活史的特点,来重新设计一种新的有效的资源评估模式和管理方法。

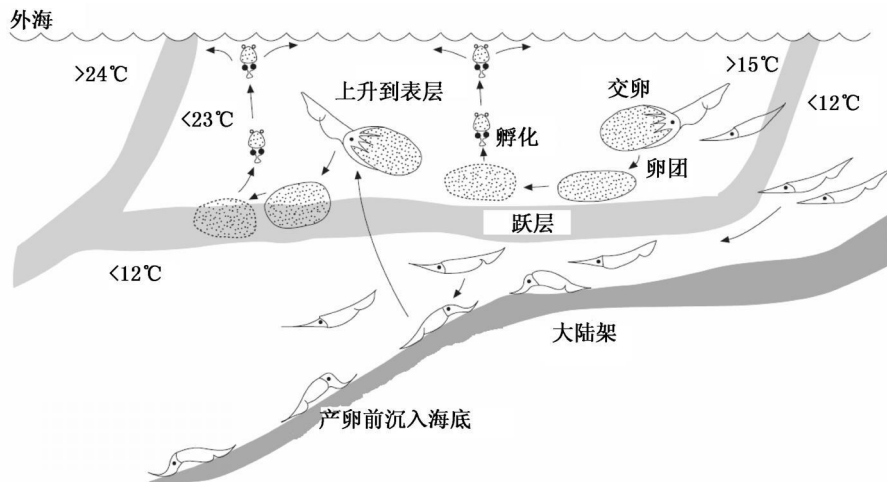
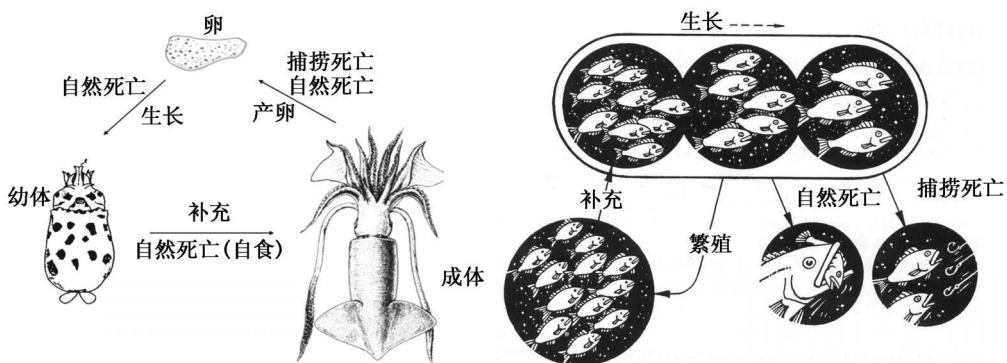
图 1 太平洋褶柔鱼繁殖过程示意图<sup>[9]</sup>Fig 1 Schematic view of reproduction processes of *Todarodes pacificus*<sup>[9]</sup>

图 2 鱿鱼类(左)与长生命周期种类(右)的种群动力过程比较

Fig 2 Comparison of population dynamic of squid (left) and traditional finfish (right)

## 2 资源评估现状

### 2.1 方法分类

按渔汛进行的时间,可将鱿鱼类资源评估分为渔汛前、渔汛中和渔汛后 3 种方法<sup>[17]</sup>。其中渔汛前的评估主要是在渔汛开始之前进行渔业资源调查,根据调查资料对资源量进行评估并确定管理的参考点,例如阿根廷滑柔鱼渔业<sup>[18]</sup>;渔汛中的评估是根据渔汛前的调查数据,结合实际生产情况,利用 DeLury 衰减模型等来预测鱿鱼类资源的变化情况,根据管理目标估算出该渔季捕捞作业停止的时间;渔汛后的评估主要包括资源量与补充量关系、非平衡剩余产量模型等。另外,根据渔业资源评估理论,鱿鱼类资源评估方法又可分为以体长(或年龄)为基础的群体分析模型、补充量—产卵关系模型、剩余产量模型,以及其它一些基于环境因子的资源预测模型。综合分析上述评估模型,目前只有对 DeLury 衰减模型的研究较为深入,而其它评估模型还处在不断探索阶段。

### 2.2 衰减模型

DeLury 衰减模型在鱿鱼类资源评估中得到广泛地应用。Basson 等<sup>[18]</sup>、陈新军等<sup>[19]</sup>、Young 等<sup>[20]</sup>和 Ichii 等<sup>[21]</sup>利用该模型分别评估了西南大西洋阿根廷滑柔鱼、北太平洋柔鱼冬春生群体、苏格兰海域枪乌贼 (*Loligo forbesi*) 和北太平洋褶柔鱼秋生群体的资源量。衰减模型在数据相对缺乏情况下是一种较

为有用的评估方法,该模型能计算获得初始资源量和可捕系数,但不能估算出生物学参考点。DeLury 衰减模型表达式如下<sup>[18-21]</sup>:

$$\ln(C_{it}/X_{it}) = \ln(qN_{0i}) - q \left( \sum_{j=0}^{i-1} X_{jt} + X_{it} \right) \quad (1)$$

式中,  $i=0, 1, \dots, n-1$ ,  $n$ 为时间段(如旬、周等)的个数;  $C_{it}$ 为  $t$ 年  $i$ 时间段的渔获量(尾);  $X_{it}$ 为  $t$ 年时间段的捕捞努力量( $d$ );  $N_{0i}$ 为  $t$ 年初始资源量的大小(尾);  $q$ 为可捕系数,并且是假设恒定的。

但是, DeLury 衰减模型必须要满足以下假设条件<sup>[18-22]</sup>: (1)封闭的渔场,只有很少的移入和迁出; (2)由于捕捞作用,资源量出现明显的下降; (3)单位捕捞努力量的渔获量(CPUE)与捕捞率呈线性关系; (4)自然死亡率和可捕系数保持不变。在实际渔业中,所有上述假设条件不可能同时满足,为此一些学者对该模型进行了改进。如 Seber等<sup>[23]</sup>考虑了自然死亡率,并将模型表达为:

$$\ln(C_{it}/X_{it}) = \ln(qN_{0i}) - M(i+1/2) - q \left( \sum_{j=0}^{i-1} X_{jt} + X_{it} \right) \quad (2)$$

式中,  $M$ 为自然死亡率,并保持不变;其他参数如公式(1)。

另外,分布在福克兰群岛的巴塔哥尼亚枪乌贼渔业,一年有2个渔汛,最初的评估是分两个渔季利用 DeLury 衰减模型进行估算,但是评估遇到了困难,因为研究表明脉冲式的补充使得导致渔季后期的 CPUE 出现上升<sup>[24]</sup>,从而使得该渔业无法满足模型的假设条件。Brodziak 和 Rosenberg<sup>[25]</sup>认为,可将脉冲式的补充考虑为一个种群中不同群体的迁入作用。但 Agnew 等<sup>[26]</sup>证明,利用 DeLury 衰减模型分两个渔季分开进行评估会增加难度,于是提出了当 DeLury 衰减模型不适用时,可利用可捕系数和 CPUE 来评估资源量。McAllister 等<sup>[22]</sup>认为,在模型假设条件均不能满足时,可利用基于贝叶斯分等级表达的 DeLury 衰减评估模型来进行资源评估并提高参数估计的精度,该方法在巴塔哥尼亚枪乌贼渔业中得到了应用。

总之,常用的 DeLury 衰减模型在实际应用中有相当的不确定性,评估结果也存在着一定的误差,模型对自然死亡率的选择相当敏感。同时,评估结果直接与上述假设条件的满足程度有着很大的关系。本模型的最大缺陷在于没有考虑环境因子对资源量变动的影响。

### 2.3 剩余产量模型

剩余产量模型又称生物种群动力模型,是常用的资源评估模型之一,它考虑了种群的生长、死亡和补充等过程,但忽略了种群的年龄和体长组成<sup>[15]</sup>。剩余产量模型的基本形式如下:

$$B_{t+1} = B_t + g(B_t) - C_t \quad (3)$$

式中,  $B_t$ 为  $t$ 时刻的生物量;  $C_t$ 为从  $t$ 到  $t+1$ 时期内的捕捞量;  $g(B_t)$ 为种群动力方程。

常用的种群动力学方程有以下3种<sup>[27]</sup>:

$$\text{Schaefer模型} \quad g(B) = rB \left[ 1 - \frac{B}{k} \right] \quad (4)$$

$$\text{Fox模型} \quad g(B) = rB \left[ 1 - \frac{\ln(B)}{\ln(k)} \right] \quad (5)$$

$$\text{Pella-Tomlinson} \quad \frac{r}{q} B \left[ 1 - \left( \frac{B}{j} \right)^q \right] \quad (6)$$

剩余产量模型是基于渔获量和相对资源丰度的一种资源评估模型,该模型需要满足一定的假设<sup>[15]</sup>,它能够估算 MSY 所对应的绝对资源量、捕捞死亡率以及种群参数  $r$ 、 $q$  和  $K$ <sup>[32]</sup>。Hendrickson 等<sup>[33]</sup>、Yatsu 和 Kinoshita<sup>[34]</sup>利用该模型分别评估了滑柔鱼 (*Illex illecebrosus*) 和太平洋褶柔鱼的资源量。该模型的最大问题在于当补充量出现大波动时,模型会变得不太适用<sup>[32]</sup>。此外,该模型将种群动力过程(生长、死亡和补充)一并综合考虑,其参数估算和模型推算在传统长生命周期鱼类的应用上已受到广泛的质疑<sup>[35]</sup>,因此将这一模型应用在具有特殊种群动力学过程的短生命周期种类中,更具有更大的不确定性。目前传统的平衡剩余产量模型已向非平衡剩余产量模型发展,其在鱿鱼类资源评估中的应用需做进一步的探讨与研究。

### 2.4 基于年龄结构或体长结构的评估模型

基于年龄结构或体长结构的群体评估模型,是基于生物学数据的一种评估方法。它根据渔业数据

和相应的生物学数据,利用 Tomlinson-Bell模型对产量和资源量进行模拟<sup>[4]</sup>,或者结合单位补充量产量(YPR)和单位补充量产卵量(EPR)模型进行计算<sup>[34]</sup>,该模型也被用于鱿鱼类的资源量估算中。Royer等<sup>[37]</sup>利用该方法评估了英吉利海峡枪乌贼的资源量。Hendrickson和Hart<sup>[36]</sup>认为鱿鱼类的自然死亡率随年龄的增加而增大,利用该模型估算出了滑柔鱼产卵期间的死亡率。这一模型在鱿鱼类资源评估中的应用较少,其原因在于鱿鱼类的年龄鉴定(通常为日龄)较为困难,亲体补充量的数据难以获得。

## 2.5 基于环境变量的预测模型

由于鱿鱼类资源量变动对海洋环境极为敏感<sup>[38]</sup>。近几年来,鱿鱼类资源量和环境变动之间关系成为研究热点,利用环境变量预测鱿鱼类的资源量成为可能<sup>[3-4]</sup>。Waluda等<sup>[10]</sup>认为,阿根廷滑柔鱼的补充量变动可用产卵场SST适宜范围的大小来解释。Sakura等<sup>[9]</sup>认为,太平洋褶柔鱼的资源量变动不仅与产卵场SST的关系密切,而且与暖水年份、冷水年份有一定的联系。陈新军等<sup>[6]</sup>研究表明,拉尼娜年份将使北太平洋柔鱼产卵场的环境发生变动而使其补充量减少,而厄尔尼若年份则有利于补充量的发生。陈新军等<sup>[6]</sup>利用多元线性模型建立了柔鱼资源量与海洋环境因子之间的关系。上述研究表明,环境变化对鱿鱼类资源量变动有着很大的影响,这一结论在国际上已得到普遍认同<sup>[3-38]</sup>。然而仅仅利用环境变量来表征资源量的变化还是不够的。

## 2.6 其他评估方法

时间序列模型也被用于鱿鱼类资源量年变化趋势的分析中。Pierce和Boyle<sup>[39]</sup>利用时间序列模型预测了苏格兰海域枪乌贼的资源量变化。Georgakarakos等<sup>[40]</sup>运用时间序列ARMA模型、神经网络和贝叶斯等模型,结合环境变量预测了希腊水域柔鱼和枪乌贼的渔获量。

面积调查法也在鱿鱼类资源评估中得到应用。Ichii等<sup>[21]</sup>利用面积密度法,估算1982—1992年7月北太平洋柔鱼秋生群体年平均资源量平均为38万t。

此外还有声学调查来调查评估鱿鱼类的资源量。Goss等<sup>[41]</sup>对南大西洋几种柔鱼的声学特性进行了研究,并证明在不同海域利用声学探测鱿鱼类资源量是可行的。但在鱿鱼类声学调查中还存在着技术上的问题,如由于鱿鱼无鳔使得声波辐射强度较弱<sup>[4]</sup>。

## 3 资源管理现状

有关鱿鱼类资源管理的研究水平和应用情况远不如长生命周期的传统鱼类,但现在已逐渐引起大家的重视<sup>[4]</sup>。经过长期的实践,传统渔业管理方法已从投入控制转向产出控制,即通过估算设立目标的捕捞量<sup>[42]</sup>。由于鱿鱼类具有短生命周期及产卵后即死亡的特性,难以评估其补充量和下一代的资源量,因此,产出控制可能不适合鱿鱼类的资源管理。Caddy<sup>[43]</sup>建议,鱿鱼类资源管理应采用控制捕捞努力量的方法,而不是渔获量限制。目前,鱿鱼类资源管理中,较为成功的案例有阿根廷滑柔鱼<sup>[18]</sup>和巴塔哥尼亚枪乌贼<sup>[44-45]</sup>渔业,它们以渔汛结束后亲体量逃逸率40%为管理目标,利用DeLury衰减模型进行实时评估,一旦达到预定的40%逃逸量则停止该渔业。近年来,加利福尼亚海湾的柔鱼渔业中也采用了同样的管理方法<sup>[46]</sup>。但在日本周边海域的太平洋褶柔鱼渔业中,采用总可捕量(TAC)的产出控制法进行管理<sup>[47]</sup>。

## 4 分析与讨论

综上所述,目前世界上对鱿鱼类资源评估和管理正处于探索与发展阶段,在实践中应用较为成功仅有DeLury衰减模型,但在使用DeLury衰减模型时也存在一些问题,如没有考虑环境因子的影响,自然死亡率等不确定性因素太多。目前全球只有西南大西洋巴塔哥尼亚枪乌贼和阿根廷滑柔鱼<sup>[48]</sup>、南非的好望角枪乌贼<sup>[49]</sup>和日本附近海域太平洋褶柔鱼<sup>[47]</sup>等少数种类的资源得到评估或管理,大部分种类的评估和管理还处于空白状态。

由于鱿鱼类独特的生活史和种群动力学过程,发展科学合理的资源评估模型存在一定的难度。根

据上述分析和研究, 作者认为目前应从减少鱿鱼类资源评估的不确定性入手, 结合已有的评估模型并进入环境因子, 利用贝叶斯统计理论, 发展一种较为全面的鱿鱼类资源评估模型和管理方法, 其评估与管理的框架图见图 3。同时, 在充分掌握鱿鱼类生活史过程的基础上, 发展基于生态系统上的鱿鱼类资源评估模型与方法。

此外, 由于产出控制的管理方法在鱿鱼类资源管理中可能会由于评估的误差等, 使得渔业资源管理存在较大的风险, 因此, 对鱿鱼类资源应该采取实时动态的管理方法, 同时需要适当考虑环境变动的影响, 当达到一定的逃逸率时应及时停止捕捞活动, 以确保来年补充量和资源的可持续利用。

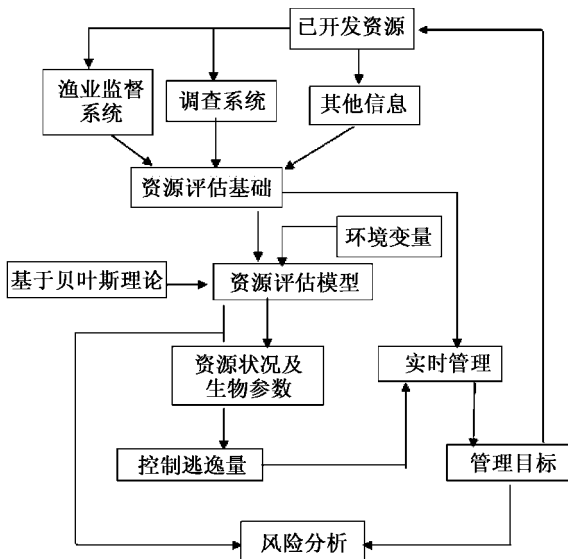


图 3 理想的柔鱼资源评估与管理系统

Fig 3 Schematic view of ideal squid stock assessment and management system

## 参考文献:

- [1] 王尧耕, 陈新军. 世界大洋性经济柔鱼类资源及其渔业 [M]. 北京: 海洋出版社, 2004: 1-95.
- [2] 周金官, 陈新军, 刘必林. 世界头足类资源开发利用现状及其潜力 [J]. 海洋渔业, 2008, 30(3): 268-274.
- [3] Rodhouse P G. Managing and forecasting squid fisheries in variable environments [J]. Fish Res 2001, 54: 3-8.
- [4] Rodhouse P G. Trends and assessment of cephalopod fisheries [J]. Fish Res 2006, 78: 1-3.
- [5] 邵全琴, 马巍巍, 陈卓奇, 等. 西北太平洋黑潮路径变化与柔鱼 CPUE 的关系研究 [J]. 海洋与湖泊, 2005, 36(2): 111-122.
- [6] Chen X J, Zhao X H, Chen Y. El Niño/La Niña influence on the western winter-spring cohort of neon flying squid (*Ommastrephes bartamii*) in the northwestern Pacific Ocean [J]. ICES J Mar Sci 2007, 64: 1152-1160.
- [7] 陈新军, 田思泉, 许柳雄. 西北太平洋海域柔鱼产卵场和作业渔场的水温年间比较及其与资源丰度的关系 [J]. 上海水产大学学报, 2005, 14(2): 168-175.
- [8] Choi K, Chung I L, Kwangseok H, et al. Distribution and migration of Japanese common squid *Todarodes pacificus* in the southwestern part of the East (Japan) Sea [J]. Fish Res 2008, 91: 281-290.
- [9] Sakurai Y, Kiyofuji H, Saitoh S, et al. Changes in inferred spawning sites of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions [J]. ICES J Mar Sci 2000, 57: 24-30.
- [10] Waluda C M, Rodhouse P G, Podesta G P, et al. Surface oceanography of inferred hatching grounds of *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) and influences on recruitment variability [J]. Mar Biol 2001, 139: 671-679.
- [11] Robin J P, Denis V. Squid stock fluctuations and water temperature: temporal analysis of English Channel *Loliginidae* [J]. Journal of Applied Ecology 1999, 36: 101-110.
- [12] Roberts M J, Sauer W H H. Environment: the key to understanding the South African chokka squid (*Loligo vulgaris* Reynaudii) life cycle and fishery? [J] Antarctic Sci 1994, 6(2): 249-258.
- [13] Agnew D J, Hill S, Beddington J R. Predicting recruitment strength of an annual squid stock: *Loligo gahi* around the Falkland Islands. Can J Fish Aqua Sci 2000, 57: 2479-2487.
- [14] Quinn T J II, Deriso R B. Quantitative fish dynamics [M]. New York: Oxford University Press 1999.
- [15] Hilborn R, Walters C J. Quantitative fisheries stock assessment: choices, dynamics and uncertainty [M]. New York: Chapman and Hall 1992: 570.
- [16] Caddy J F, Rodhouse P G. Cephalopod and groundfish landings: evidence for ecological change in global fisheries? [J] Rev Fish Biol Fish 1998, 8: 431-444.
- [17] Pierce G J, Guerra A. Stock assessment methods used for cephalopod fisheries [J] Fish Res 1994, 21: 255-286.
- [18] Basson M, Beddington J R, Crombie J A, et al. Assessment and management techniques for migratory annual squid stocks: the *Illex argentinus* fishery in the southwest Atlantic as an example [J]. Fish Res 1996, 28: 3-27.
- [19] Chen X J, Chen Y, Tian S Q, et al. An assessment of the west winter-spring cohort of neon flying squid (*Ommastrephes bartamii*) in the Northwest Pacific Ocean [J]. Fish Res 2008, 92: 221-230.
- [20] Young I A G, Pierce G J, Daly H I, et al. Application of depletion methods to estimate stock size in the squid *Loligo forbesi* in Scottish waters (UK) [J]. Fish Res 2004, 69(2): 211-227.

- [21] Ichii T, Mahapatra K, Okamura H, et al. Stock assessment of the autumn cohort of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the North Pacific based on past large-scale high seas driftnet fishery data[J]. *Fish Res* 2006, 78, 286—297.
- [22] McAllister M K, Hill S L, Agnew D J, et al. A Bayesian hierarchical formulation of the De Lury stock assessment model for abundance estimation of Falkland Islands squid[J]. *Can J Fish Aquat Sci* 2004, 61, 1048—1059.
- [23] Seber G A F. The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters[C]. New York (Charles Griffin and Co. Ltd., High Wycombe Bucks, England), Oxford University Press 1982, 654.
- [24] Hatfield E M C. Towards resolving multiple recruitment in loliginid fisheries: *Loligo gahi* in the Falkland Islands fishery[J]. *ICES J Mar Sci* 1996, 53, 565—575.
- [25] Brodziak J K T, Rosenberg A A. A method to assess squid fisheries in the north west Atlantic[J]. *ICES J Mar Sci* 1993, 50, 187—194.
- [26] Agnew D J, Beddington J R, Baranowski R, et al. Approaches to assessing stocks of *Loligo gahi* around the Falkland Islands[J]. *Fish Res* 1998, 35, 155—169.
- [27] Michael T S, Julian T A. Methods for stock assessment of crustacean fisheries[J]. *Fish Res* 2003, 65, 231—256.
- [28] Schaefer M B. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries[J]. *Bull Inter-Am Trop Tuna Comm* 1954, 1, 25—56.
- [29] Schaefer M B. A study of the dynamics of the fishery for yellow fin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean[J]. *Bull Inter-Am Trop Tuna Comm* 1957, 2, 247—268.
- [30] Fox W W. An exponential surplus yield model for optimizing exploited fish populations[J]. *Trans Am Fish Soc* 1970, 99, 80—88.
- [31] Pella J J, Tomlinson P K. A generalized stock production model[J]. *Bull Inter-Am Trop Tuna Comm* 1969, 13, 421—458.
- [32] Prager M H. A suite of extensions to non-equilibrium surplus production model[J]. *Fish Bull U.S.*, 1994, 90 (4); 374—389.
- [33] Hendrickson L C, Brodziak J, Basson M, et al. Stock assessment of northern shortfin squid in the northwest Atlantic during 1993[C]. Northwest Fisheries Science Center Reference Document 1996, 96, 1—63.
- [34] Yatsu A, Kinoshita T. Application of surplus production model to Japanese common squid *Todarodes pacificus* with independence parameters for high and low stock regimes[C]. Report of the 2002 Meeting on Squid Resources, Tohoku National Fisheries Research Institute 2002, 29—33 (in Japanese).
- [35] Maunder M N. Is it time to discard the Schaefer model from the stock assessment scientists toolbox? (Letter to the Editor) [J]. *Fish Res* 2003, 61, 145—149.
- [36] Hendrickson L C, Hart D R. An age-based cohort model for estimating the spawning mortality of semelparous cephalopods with an application to per-recruit calculations for the northern shortfin squid *Illex illecebrosus*[J]. *Fish Res* 2006, 78, 4—13.
- [37] Royer J, Peres P, Robin J P. Stock assessments of English Channel loliginid squids, updated depletion methods and new analytical methods[J]. *ICES J Mar Sci* 2002, 59, 445—457.
- [38] Yatsu A, Watanabe T, Mori J, et al. Interannual variability in stock abundance of the neon flying squid *Ommastrephes bartramii* in the North Pacific Ocean during 1979—1998: impact of driftnet fishing and oceanographic conditions[J]. *Fish Oceanogr* 2000, 9 (2), 163—170.
- [39] Pierce G J, Boyle P R. Empirical modelling of interannual trends in abundance of squid (*Loligo forbesi*) in Scottish waters[J]. *Fish Res* 2003, 59, 305—326.
- [40] Georgakakos S, Koutsoubas D, Valavanis V D. Time series analysis and forecasting techniques applied on loliginid and ommastrephid landings in Greek waters[J]. *Fish Res* 2006, 78, 55—71.
- [41] Goss C, Middleton D, Rodhouse P G. Investigations of squid stocks using acoustic survey methods[J]. *Fish Res* 2001, 54, 111—121.
- [42] Walters C, Pearse P H. Stock information requirements for quota management systems in commercial fisheries[J]. *Rev Fish Biol Fish* 1996, 3, 21—42.
- [43] Caddy J F. The Cephalopods: factors relevant to their population dynamics and to the assessment and management of stocks[C] // Caddy J F, Editor. *Advances in Assessment of World Cephalopod Resources Tech Pap 231, Rome* FAO, 1983, 452.
- [44] Beddington J R, Rosenberg A A, Crombie J A, et al. Stock assessment and the provision of management advice for the short fin squid fishery in Falkland Island waters[J]. *Fish Res* 1990, 8, 351—365.
- [45] Rosenberg A A, Kirkwood G P, Crombie J A, et al. The assessment of stocks of annual squid species[J]. *Fish Res* 1990, 8, 335—350.
- [46] Morales-Bojórquez E, Cisneros-Mata M A, Nevárez-Martínez M O, et al. Review of stock assessment and fishery biology of *Dosidicus gigas* in the Gulf of California[J]. *Mexico Fish Res* 2001, 54, 83—94.
- [47] Suzuki T. Japanese common squid *Todarodes pacificus* Steenstrup[J]. *Mar Behav Phys* 1990, 18, 73—109.
- [48] Agnew D J, Hill S L, Beddington J R, et al. Sustainability and management of SW Atlantic squid fisheries[J]. *Bull Mar Sci* 2005, 76 (2), 579—594.
- [49] Roel B A, Buttenworth D S. Assessment of the South African chokka squid *Loligo vulgaris reynaudii*. Is disturbance of aggregations by the recent jig fishery having a negative impact on recruitment? [J] *Fish Res* 2000, 48, 213—228.