

基于灯光罩网法的南海鳶乌贼声学评估技术研究

杨 权^{1,2}, 李永振^{3*}, 张 鹏², 汤 勇¹, 陈国宝², 张 俊²

(1. 大连海洋大学海洋科技与环境学院, 辽宁 大连 116023;

2. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300;

3. 农业部南海区渔政局, 广东 广州 510080)

摘要:南海中南部深水海域蕴藏着丰富的鳶乌贼资源,为推动南海外海渔业资源开发,实验探索了灯光罩网与声学手段相结合的鳶乌贼资源量评估方法。根据 2011 年 4—5 月在南沙群岛海域灯光罩网和 Simrad EY60 科学鱼探仪同步采集鳶乌贼生物学和声学数据,对鳶乌贼的趋光性行为、种群结构、声学映像和分布水层等特征进行分析。结果表明,灯光诱集结合罩网采样可确定南海鳶乌贼的单体回波,分布于 0~100 m 水层;通过背景噪声消除、鱼类和浮游动物目标限定、单体目标检测等处理,确定鳶乌贼现场目标强度 -67~-52 dB;选择鳶乌贼渔获比例较大的网次,统计得到鳶乌贼胴长 10.4~14.2 cm,对应目标强度 -60.7~-58.0 dB,胴长与目标强度经验公式为 $TS = 21.23 \log ML - 82.48$ 。研究认为,声学与灯光罩网相结合的调查方法可以作为南海今后开展鳶乌贼资源量评估的基本方法。

关键词:鳶乌贼;目标强度;灯光罩网;声学调查;南海

中图分类号: S 932.4

文献标志码: A

鳶乌贼(*Symplectoteuthis oualaniensis*)是一种大洋性头足类,隶属于头足纲(Cephalopoda)、枪形目(Teuthida)、柔鱼科(Ommastrephidae),主要栖息于大陆斜坡和大洋上表层,广泛分布于印度洋、太平洋的赤道和亚热带海域,以印度洋西北部海域数量较大^[1],是中国远洋鱿钓渔业的主捕对象^[2-3]。在南海,鳶乌贼主要分布于中部和南部深水海域^[4]。

有关南海的鳶乌贼资源,我国和周边国家过去曾经开展过一些研究,主要包括东南亚渔业发展中心(SEAFDEC)于 1998 年和 1999 年在菲律宾西部和越南东部海域开展的探捕,初步调查了鳶乌贼群体的分布情况^[5-6];我国台湾省 1998 和 1999 年利用“海研 I”号调查船初步调查了鳶乌贼种群的季节变化和资源量^[7];我国国家海洋勘测专项 2000 年开展的南海中南部海域渔业资源调查,评估了鳶乌贼的资源量^[8]。

由于南海北部渔业资源明显衰退,南海中南部的鳶乌贼资源正成为近年来外海开发的主要对

象,同时也引起南海周边国家的关注。为了推动南海外海渔业资源开发,目前我国有关方面正在酝酿开展南海外海资源调查,其中鳶乌贼资源量评估是调查的重点研究内容。因此,有必要对鳶乌贼资源量评估方法进行专门研究。

可以认为,渔业声学是目前评估鳶乌贼资源量最有效的方法^[9-11],但鉴于鳶乌贼的趋光行为、种群结构、声学特性以及在自然海区的分布特征等方面还没有做过细致的研究,单独利用声学评估鳶乌贼的资源量目前还有一定的技术难度。本研究探讨水声学灯光罩网技术相结合评估鳶乌贼资源量的方法,以期即将开展的南海外海渔业资源调查鳶乌贼资源评估提供可行的技术途径。

1 材料与方 法

1.1 调查方案设计

声学调查一般需要辅以网具生物学采样,头

收稿日期:2012-12-26 修回日期:2013-03-21

资助项目:国家“八六三”高技术研究发展计划(2012AA092303);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2013ZD03);广东省科技计划项目(2010B030800008);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2012TS19)

通信作者:李永振,E-mail:Y. Z. Li@ qq. com

足类常规的捕捞方法包括鱿钓、围网和变水层拖网。鉴于鳶乌贼在海洋中分布密度低且白天栖息于深水层^[12],如果采用鱿钓与声学手段结合的方式无法解决两方面问题:一是渔获效率很低且钓钩对鳶乌贼具有一定的选择性^[13],小个体难以捕捉,渔获物难以说明资源总体情况;二是渔获物与声学映像的对应上有时间差,渔获物难以与声学映像对应,信号解读上存在很大的张冠李戴可能性。渔业科学调查船上常用的变水层拖网很难捕捞鳶乌贼,即使捕捞也难以辅助在声学映像中有效识别其信号。因此,探讨利用声学手段以灯光罩网船为调查平台开展鳶乌贼资源评估,即便鳶乌贼自然状态下分布密度低,但夜晚使用灯光可有效诱集鳶乌贼且为主要渔获物;同时,网具捕捞水体在鱼探仪探测的水体范围内,下网作业速度快,渔获物与声学映像间隔时间短,鱼探仪探测的声学映像可认为是对渔获物的真实反映。通过分析鳶乌贼的分布规律、种群结构,使用现场目标强度测量法(*in situ target-strength measurements*)解决其目标强度与胴长的关系,从而较好地解决资源量的声学评估技术^[14]。

1.2 调查海域及时间

2011年4月19日—5月6日,在南沙群岛海域:9°N~12°N、113°E~116°E,开展灯光罩网结合声学调查。调查布点遵从渔船生产的路线设置,作业18 d,每天设一个站位,共18个调查站位,每个调查点下网作业9次,调查站点平均水深1 500 m以上(图1)。

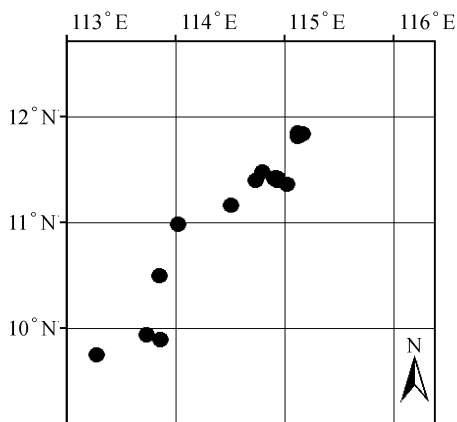


图1 罩网船作业点

Fig.1 Investigated area with sampling stations

1.3 调查设备与渔具渔法

调查租用“桂防渔 96886”钢质渔船,总长

41.80 m,总吨位 413 t,主机功率 280 kW,配 340 盏 1 kW 金属卤化物灯及日本海马 HE-670 型垂直探鱼仪。罩网的沉子纲长 280 m,网衣为胶丝制成,拉直高度 58 m,最小网目尺寸 25 mm。

调查采用挪威 Simrad 公司产 EY60 型科学鱼探仪(120 kHz),换能器固定于船舷中部,吃水深度 0.8 m,方向垂直向下。声学数据使用专用数据显示收录软件(ER60)进行保存。

渔船夜晚开灯诱鱼,作业时先通过船上的支架将网衣撑开,再扣罩捕捞被诱集到船下的鳶乌贼,每网统计 50 尾鳶乌贼的胴长数据,科学鱼探仪同步探测罩网下渔获物信号并存储。

1.4 分析方法

渔获物分析 在 18 个站点的每个网次均统计 50 尾鳶乌贼胴长数据;然后每一个站点筛选出一网鳶乌贼渔获物比例较高的网次,计算所选网次鳶乌贼胴长平均值。

声学映像分析 处理所选网次下网前 15 min 的声学映像,在后处理过程中利用 Echoview 4.9 软件分析罩网下鱼群的回波分布,鉴别目标物种,测量目标强度。其中鳶乌贼的目标强度(target strength)是声学信号分析的重点,评估其渔业资源状况的关键参数。国际上鱼类目标强度研究多采用分裂波束或双波束回声探测仪进行测定^[15]。目标强度是一个描述鱼类对声波反射能力的物理量^[16],跟超声波频率、鱼类种类、体长、体质量和鱼体姿态倾角等因素有关^[17-21],可以表示为

$$TS = 10\text{Log}\sigma_{bs} \quad (1)$$

式中,TS 代表鱼体的目标强度,单位为 dB; σ_{bs} 代表鱼体的声学后向散射截面(backscattering cross section),单位为 m^2 。

首先分析鳶乌贼在灯光诱集下的声学信号分布情况,然后使用现场测量法测定鳶乌贼目标强度。这种方法将实测目标强度与鳶乌贼的环境、生物学和行为学因素很好地结合起来^[22]。根据计算将得到目标强度与胴长结合起来,建立经验公式,根据实测值结合经验确定重要参数 b_{20} ,它是积分值分配的基础参数^[23]。其经验公式:

$$TS = 20\text{Log}ML - b_{20} \quad (2)$$

式中,ML 代表鳶乌贼的胴长,单位为 cm。

调查前采用 Simrad 公司提供的 120 kHz 专用直径 23 mm 的标准铜球对科学鱼探仪进行校

准^[24],多项式模型校准的 RMS 值为 0.12,确保仪器测量的准确度。EY60 的规格和调查过程中主要设定参数见表 1。

1.5 数据处理

首先通过 Echoview 4.90 采用时变增益背景噪声分析方法(time varied gain background noise)去除海域环境的背景噪声,然后结合鸢乌贼的分布经验和渔获物数据分析声学映像。选出渔获鸢

乌贼比例较高的网次,分析其相应时间段的声学数据。将鸢乌贼胴长的分布图对应其实测的目标强度分布图,计算出鸢乌贼胴长的平均值和目标强度平均值。目标强度平均值的处理需要先转化为线性值,求平均然后再转化为分贝值^[25]。使用 SPSS 16.0 统计分析软件,采用回归分析法计算出胴长与目标强度的经验关系式,由此可推算不同胴长的目标强度。

表 1 水声学测量系统的主要技术参数及设定参数

Tab. 1 Technical data and main parameter settings of EY60 system

换能器参数 transducer parameter	数值 value	其他参数 other parameter	数值 value
换能器型号 transducer type	ES120-7C	频率 frequency/kHz	120
波束横向角度 Athw. beam angle/°	7.00	发射功率 power/W	500
波束纵向角度 Along. beam angle/°	7.00	波束类型 beam type	split-beam
安装水深 fix depth/m	0.80	吸收系数 absorption coefficient/(dB/km)	37.44
脉冲宽度 transmitted pulse length/ms	1.024	声速 Sound Velocity/(m/s)	1 493.89

2 结果与分析

2.1 鸢乌贼胴长组成

统计 18 个站位 156 网次,鸢乌贼 7 300 尾,胴长范围为 5.1 ~ 23.1 cm,平均胴长 11.77 cm。其中筛选出的 18 网,900 尾鸢乌贼平均胴长范围为 10.4 ~ 14.2 cm。

2.2 背景噪声处理

处理所选取站位声学数据的背景噪声,A 为原始映像,B 为背景噪声处理后图像。噪声处理后,生物的声学映像更为清晰。开灯诱集一小时后,在 0 ~ 200 m 水层存在生物群体,其中 100 ~ 150 m 可能是深海散射层(deep scattering layer, DSL)的散射映像。图 2 为 4 月 19 日晚上 8 点的声学 S_v (volume backscattering strength)映像。

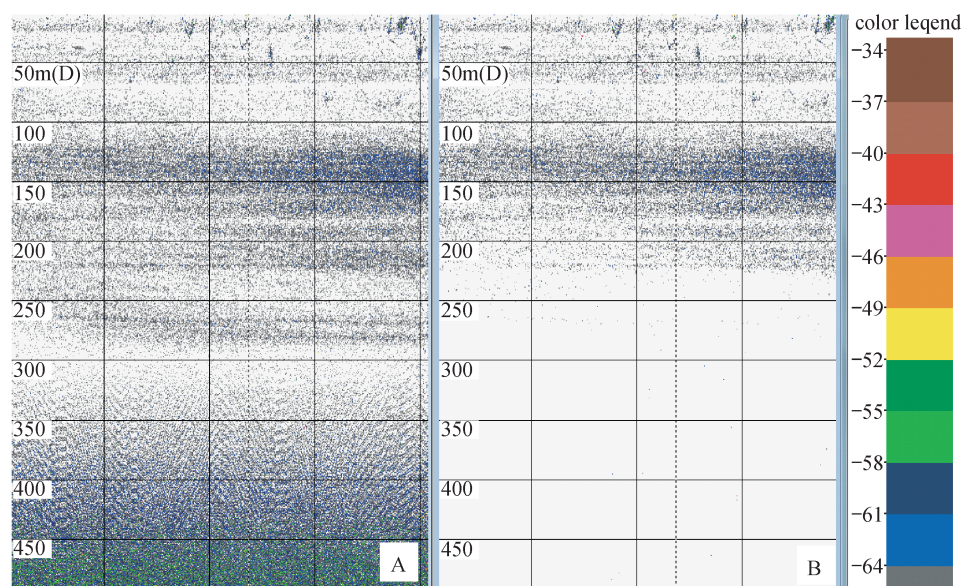


图 2 扣除时变增益背景噪声后声学映像变化

Fig. 2 Variation in S_v echogram after filtering TVGBN

2.3 诱集效果

以 2012 年 4 月 19 日调查为例,开灯后(红线所示)大量单体信号(彩色横线为可识别的鱼类运动轨迹)出现在船下(图 3),表明罩网船灯光的

诱集效果非常明显。图 3 中深度 100 m 以下的单体信号强度较大(> -50 dB),结合渔获物的组成和鳶乌贼的胴长范围,推断为长体圆鲹(体长 > 20 cm)等生物信号。

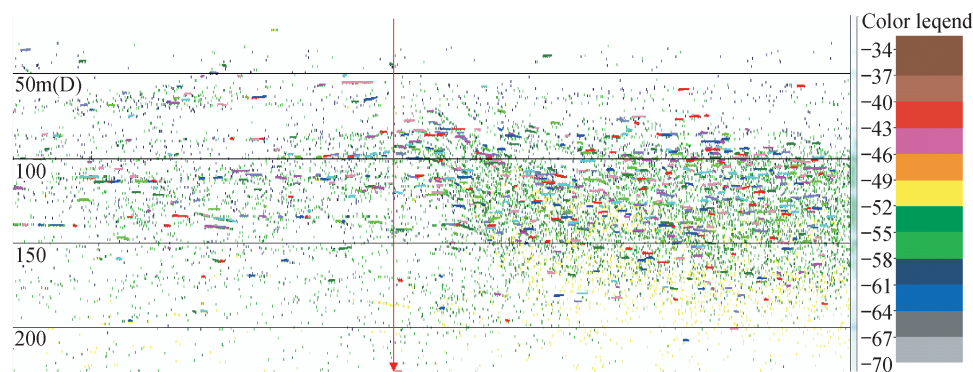


图 3 单体目标信号映像

Fig. 3 A segment of echogram showing the single target

2.4 目标强度检测阈值

结合单体信号分布情况根据鳶乌贼的胴长数据,设定鳶乌贼的单体目标强度范围在 $-65 \sim -52$ dB,参数设置见表 2。调查海域可能存在浮游动物,其目标强度在 -75 dB 左右^[26]。渔获物中发现有其他鱼类如长体圆鲹,其体长大部分在 15 cm 以上,相应目标强度在 -49 dB 以上^[8]。设定检测范围可以最大限度的去除浮游动物和长体圆鲹等鱼类信号干扰^[27]。

表 2 单体目标检测参数

Tab. 2 Single target detection parameters

声纳参数 parameters	参数 value
单体目标检测阈值/dB $TS_{\text{threshold}}$	-65.0
脉冲宽度探测水平/dB pulse length determination level	6.0
最小标准化脉冲宽度 minimum normalized pulse length	0.4
最大标准化脉冲宽度 maximum normalized pulse length	1.5
最大波束补偿/dB maximum beam compensation	4.0

2.5 单体检测

以 4 月 20 日晚上 8 点到凌晨 2 点调查为例,选取 5~100 m 水层,分析鳶乌贼单体检测的 2D 和 3D 图像,分析鳶乌贼在灯光诱集下的分布情况。图 4 为罩网船下鳶乌贼单体目标的二维检测结果累加图,Y 轴:声波探测距离;X 轴:波束截面长轴长度,结果表明:6 h 内科学鱼探仪探测水体

内鳶乌贼分布密集,平均目标强度在 -60 dB 左右;图 5 为科学鱼探仪探测的三维空间声学映像,黄色线为调查船航迹线,蓝色平面为海面,彩

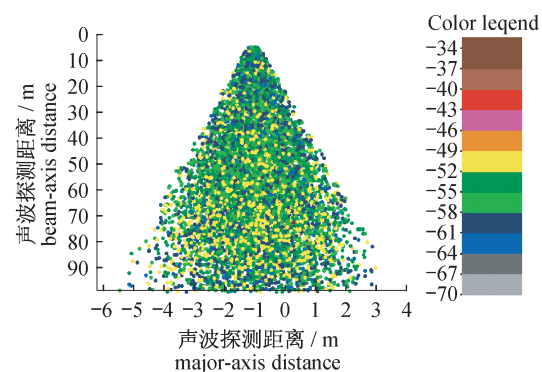


图 4 鳶乌贼二维投影映像

Fig. 4 2D projections of *S. oualaniensis*

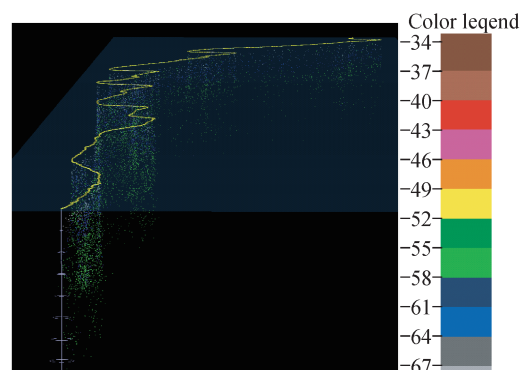


图 5 鳶乌贼三维空间声学映像

Fig. 5 3D echogram of *S. oualaniensis*

色柱为 TS 分布情况,图右下角所示为探测声波,结果表明:20日晚渔船漂移 2.5 n mile,船下 60 到 100 m 水层之间,存在有大个体 (> -55 dB) 的可能性;图 6 为目标强度随水深分布图,结果表明:随水深增加,船下鸢乌贼个体亦有增大趋势,可以反映出小个体鸢乌贼趋光性更强的特征。

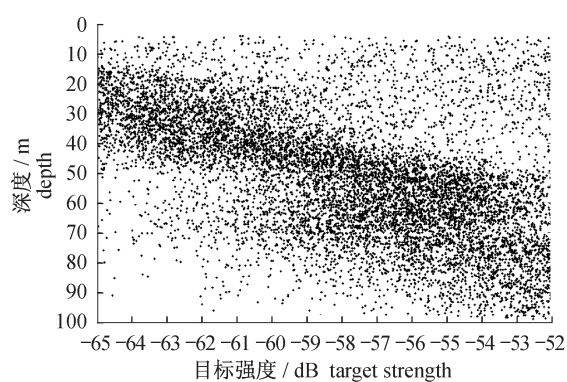


图 6 目标强度随深度分布图

Fig. 6 Target strength distribution with depth

2.6 建立鸢乌贼目标强度与胴长经验公式

假设在罩网下不同胴长鸢乌贼的姿态分布特性都是相同的,鸢乌贼的分布是均匀、离散的,完全满足目标强度的测定条件。所测量的目标强度因为已经包括姿态倾角和各种环境影响因素,测量值可认为是对自然环境中鸢乌贼的真实反映。鉴于罩网的作业方式,分析认为鸢乌贼采样结果可以对应目标强度的分布。

根据罩网的捕捞深度和鱼探仪的近场效应 (3.2 m),选定 5 ~ 50 m 水层分析其映像。18 个作业站位,每个站位筛选出一网。分析鸢乌贼的胴长以及声学数据:胴长数据的偏度系数 $Skewness = -0.335$,峰度系数 $Kurtosis = 0.901$;目标强度数据的偏度系数 $Skewness = 0.905$,峰度系数 $Kurtosis = 0.333$,数据都符合正态分布的特征。满足正态分布的数据具有集中性:图 7 为所筛选出网次的鸢乌贼目标强度统计图,图 8 为作业 18 天渔获的鸢乌贼胴长总体统计图。计算出每一组鸢乌贼胴长平均值和目标强度平均值。网获鸢乌贼平均胴长为 10.4 ~ 14.2 cm,对应平均目标强度范围为 $-60.7 \sim -58$ dB,使用 SPSS 16.0 软件拟合出胴长与目标强度的公式 (图 9),相关系数 $R^2 = 0.941$:

$$TS = 21.23 \text{Log}ML - 82.48 \quad (3)$$

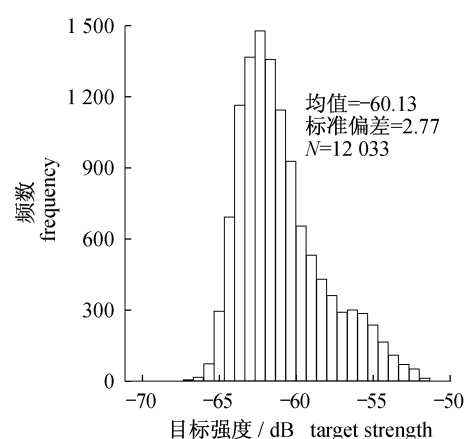


图 7 鸢乌贼目标强度分布图

Fig. 7 Frequency histograms of in situ TS from *S. oualaniensis*

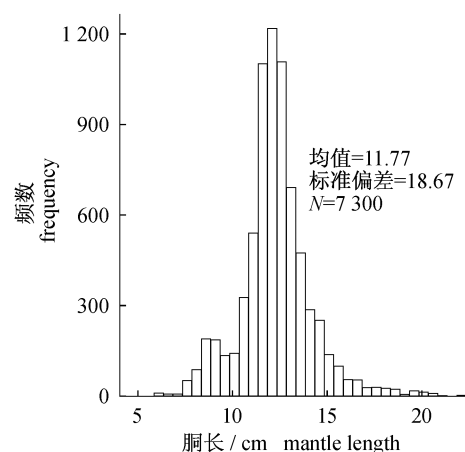


图 8 鸢乌贼渔获物胴长分布图

Fig. 8 The mantle length composition of *S. oualaniensis*

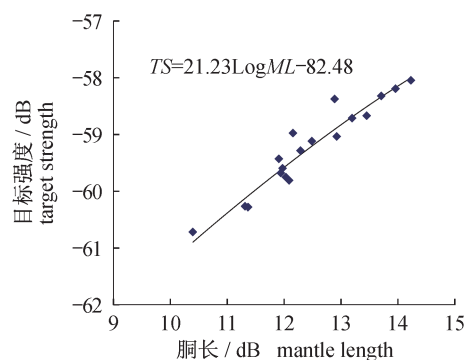


图 9 鸢乌贼目标强度与胴长的关系曲线图

Fig. 9 The relationship curve between TS and mantle length of *S. oualaniensis*

由于鱼体的反向散射截面基本与其体长的平方成线性关系^[28],这里假定鸢乌贼的声学模型也

符合这种规律,因此目标强度与胴长的关系式可以采用常规标准化的 $20\text{Log}ML$ 形式。 b_{20} 便于与其他鱼类声波反射能力进行比较,但结果并不用于资源评估。 b_{20} 的确定采用鳶乌贼的均方根胴长,得鳶乌贼的目标强度与胴长关系式:

$$TS = 20\text{Log}ML - 81.14 \quad (4)$$

3 讨论

灯光诱集鳶乌贼的同时,也会诱集浮游动物和其他趋光性鱼类^[29-30]。但是 Simrad EY60 科学鱼探仪无法区别来自不同生物的目标强度信号,因而也无法确保现场所获单体目标强度数据均来自评估种类。因此,数据筛选鳶乌贼渔获物比例较高的网次。根据目标强度频率分布和深度分布、生物学信息、调查水域物种组成、评估种类的声学 and 生物学特性等信息,设置检测阈值。鱼类多为有鳔鱼种,目标强度较大,设置阈值上限可以对其有效排除。浮游动物可以通过分裂式波束单体回波检测技术有效的消除其复数个体的叠加回波,再通过设定的阈值下限排除。因此本研究对鳶乌贼的单体回波检测方法是有效的。

国际上也曾有学者对柔鱼科其他物种进行声学研究,Kang 等^[31]曾使用绳系法和网箱法测量太平洋褶柔鱼的目标强度,结果表明:120 kHz 下,柔鱼(三尾胴长分别为 22.8、25、27 cm)的 b_{20} 为 -73.5 dB。目前,鳶乌贼无法保存活体且变质很快,暂不能使用该方法在实验室进行测量。现阶段只能现场测量法分析其平均胴长与平均 TS 。本研究表明:目前现场测量法是一种合理的测量鳶乌贼目标强度方法。

本研究结合灯光罩网采样的鳶乌贼,通过使用分裂式波束单体回波检测技术首次确定了鳶乌贼的声学回波,并分析了鳶乌贼在夜晚集鱼灯下的分布情况。再结合胴长数据,获得了重要的鳶乌贼目标强度与胴长散射模型。根据此散射模型以及渔获物比例可以分配积分值,解决了南海大范围鳶乌贼声学调查与评估的关键问题。因此灯光罩网—水声学调查方法可以作为今后南海海外海鳶乌贼资源量评估的基本方法。

需要指出的是,本方法在 3 个方面需要进一步完善:一是增加罩网捕捞深度,采样能够达到 50~150 m 水层,并辅以浮游动植物样品采样,以更准确地解读声学信号;二是适当地增加罩网作

业的灯诱时间,有利于鳶乌贼群体恢复到均匀离散分布状态,亦可增加声学信号采集的有效时间,这将有助于筛选声学数据。三是由于灯光诱集改变了鳶乌贼的空间自然分布密度,因此需要对鳶乌贼的灯光诱集范围进行研究,修正鳶乌贼的空间分布密度。

参考文献:

- [1] Voss G L. Cephalopod resources of the world[M]. Rome:FAO Fish Circ,1973;10-75.
- [2] Sweeney M J. Larval and juvenile Cephalopods: A manual for their identification[M]. Washington, D. C.:Smithsonian Institution Press,1992;282.
- [3] 崔利锋,许柳雄.世界大洋性渔业概况[M].北京:海洋出版社,2011;98-134.
- [4] 张鹏,杨齐,张旭丰,等.南海金枪鱼和鳶乌贼资源开发现状及前景[J].南方水产,2010,6(1):68-74.
- [5] Siriraksophon S, Yoshihiko N. Exploration of purpleback flying squid, *Sthenoteuthis oualaniensis* resources in the South China Sea[M]. Samutprakan, Thailand: Southeast Asian Fisheries Development Center,2001;1-81.
- [6] Siriraksophon S, Yoshihiko N. Ecological aspects of the purpleback flying squid, *Sthenoteuthis oualaniensis* (Lesson) in the west coast of Philippines: International Conference on the International Oceanographic Data and Information Exchange in the Western Pacific (IO-D-EWESTPAC) ICIWP '99, Langkawi (Malaysia), November 1-4, 1999 [C]. Bangkok Thailand: Southeast Asian Fisheries Development Center, 2001;187-194.
- [7] 张引. Fisheries acoustic studies on the purpleback flying squid resource in the South China Sea[D].台北:国立台湾大学海洋研究所,2005.
- [8] 贾晓平,李永振,李纯厚,等.南海专属经济区和大陆架渔业生态环境与渔业资源[M].北京:科学出版社,2004;18-19,389-391.
- [9] 李永振,陈国宝,赵宪勇,等.南海北部海域小型非经济鱼类资源声学评估[J].中国海洋大学学报:自然科学版,2005,35(2):206-212.
- [10] Ohshimo S. Acoustic estimation of biomass and school character of anchovy (*Engraulis japonicus*) in the East China sea and the Yellow sea[J]. Fisheries Science,1996,62(3):344-349.
- [11] Young R E. Vertical distribution and photosensitive

- vesicles of pelagic cephalopods from Hawaiian waters[J]. Fishery Bulletin, 1978, 76(3):583-615.
- [12] Nesis K N. Population structure of oceanic ommastrephids, with particular reference to *Sthenoteuthis oualaniensis*; A review [M] // Recent Advances in Cephalopod Fisheries Biology. Tokai; Tokai University Press, 1993:375-384.
- [13] 陈新军, 刘金立. 利用形态学方法分析印度洋西北部海域鳶乌贼种群结构[J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(2):174-180.
- [14] Foote K G. Summary of methods for determining fish target strength at ultrasonic frequencies [J]. ICES Journal of Marine Science, 1991, 48(2):211-217.
- [15] Misund O A. Underwater acoustics in marine fisheries and fisheries research [J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 1997, 7(1):1-34.
- [16] MacLennan D N, Simmonds E J. Fisheries Acoustics; Theory and Practice [M]. 2nd ed. London: Chapman & Hall, 2005.
- [17] Miyashita K, Aoki I, Inagaki T. Swimming behavior and target strength of isada krill (*Euphausia pacifica*) [J]. ICES Journal of Marine Science, 1996, 53(2):303-308.
- [18] Francis D T I. Modeling the target strength of *Meganyctiphanes norvegica* [J]. Journal of the Acoustical Society of America, 1999, 105(2):1111.
- [19] Francis D T I. Modeling the target strength of *Calanus finmarchicus* [J]. Journal of the Acoustical Society of America, 1999, 105(2):1050.
- [20] Gauthier S, Rose G A. An *in situ* target strength model for Atlantic redfish [J]. Journal of the Acoustical Society of America, 1998, 103(5):2958.
- [21] Loeffler C M. Target strength of fluid-filled spherical shells related to material parameters and alternate filling fluids [J]. Journal of the Acoustical Society of America, 1995, 98(5):2989.
- [22] Ehrenberg J E. A review of *in situ* target strength estimation techniques [M]. Rome: FAO Fish Rep, 1983:85-90.
- [23] Foote K G. Fish target strengths for use in echo integrator surveys [J]. Journal of the Acoustical Society of America, 1987, 82(3):981-987.
- [24] Zhao X Y, Chen Y Z, Li X S, *et al.* Acoustic estimation of multi-species marine fishery resources [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2003, 25 (Suppl 1):192-202.
- [25] Foote K G, Aglen A, Nakken O. Measurement of fish target strength with a split-beam echo sounder [J]. Journal of the Acoustical Society of America, 1986, 80(2):612-621.
- [26] Demer D A, Martin L V. Zooplankton target strength: Volumetric or areal dependence [J]. Journal of the Acoustical Society of America, 1995, 98(2):1111-1118.
- [27] Lipinski M R, Soule M A. A new direct method of stock assessment of the loliginid squid [J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 2007, 17(2-3):437-453.
- [28] 赵宪勇, 陈毓楨. 狭鳕 (*Theragra chalcogramma* Pallas) 目标强度的现场测定 [J]. 中国水产科学, 1996, 3(4):20-28.
- [29] 陈次颖, 章淑珍. 应用水声方法考察底栖鱼类和 DSL(深海散射层)的垂直移动 [J]. 海洋科学, 1994(3):53-56.
- [30] 龚丽辉, 冯雷, 王长红, 等. 利用声相关流速剖面仪观测深水散射层 [J]. 声学技术, 2008, 27(6):807.
- [31] Kang D, Mukai T. The influence of tilt angle on the acoustic target strength of the Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) [J]. ICES Journal of Marine Science, 2005, 62(4):779-789.

Acoustic survey of the *Symplectoteuthis oualaniensis* resources in the South China Sea based on light falling-net

YANG Quan^{1,2}, LI Yongzhen^{3*}, ZHANG Peng², TANG Yong¹, CHEN Guobao², ZHANG Jun²

(1. School of Marine Technology and Environment, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China;

2. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Guangzhou 510300, China;

3. Regional Bureau of South China Sea Fishery Management, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510080, China)

Abstract: *Symplectoteuthis oualaniensis* is a pelagic squid species widely distributed in the Indo-Pacific region, especially in the South China Sea, *S. oualaniensis* is the dominant species and therein there exists abundant biomass in the central and southern deep sea. It is necessary to carry out the exploitation and assessment of *S. oualaniensis* resources to promote the development of the fishery resources of the South China Sea. Due to the low population densities in natural conditions, resource survey by using squid jigging machine or pelagic trawl is ineffective. Although fisheries acoustics is a faster and more efficient way to assess the resources, because of insufficient data on biology and acoustic characteristics, it (when used alone) is not a perfect method. Therefore, the aim of this study is to explore a reasonable and effective assessment method and provide theoretic basis for reasonable utilization. This study proposes a model which combines light falling-net and acoustic survey by using a split-beam echo-sounder (Simrad EY60, 120 kHz). Based on the acoustic data and biological data obtained from light falling-net conducted in the South China Sea from April to May in 2011, *S. oualaniensis* distribution, population structures, as well as method of acoustic survey were analyzed. The results showed that the effects of light trapping squids were obvious and the squid was mainly distributed at depths of 0 – 100 m. The average mantle length range was 10.4 to 14.2 cm, and the corresponding range of average target strength was –58 to –60.7 dB. Based on an analysis of collected data, the relationship $TS = 21.23 \log ML - 82.48$ was obtained for *S. oualaniensis* at 120 kHz, with *TS* in dB and *ML* in centimeters. Our results indicated that this method is feasible and could provide important theoretical support for the squid resource assessment.

Key words: *Symplectoteuthis oualaniensis*; target strength; light falling-net; acoustic survey; the South China Sea

Corresponding author: LI Yongzhen. E-mail: Y. Z. Li@ qq. com