

# 基于 Echoview 声学数据后处理系统的 背景噪声扣除方法

张 俊<sup>1,2</sup> 陈丕茂<sup>1,2</sup> 陈国宝<sup>2\*</sup> 于 杰<sup>2</sup> 范江涛<sup>2</sup> 邱永松<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 农业部南海渔业资源环境重点野外科学观测试验站, 广州 510300)

(<sup>2</sup> 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广州 510300)

**摘 要** 基于 2012 年 2~3 月南海中部鱼类资源声学调查资料, 利用 Echoview 系统中虚拟变量模块的功能, 探讨扣除背景噪声对声学映像、单脉冲回声信号图、海里面积散射系数(NASC)和体积反向散射强度( $S_v$ )的影响。结果显示, 背景噪声对 120kHz 数据的干扰明显强于 38kHz; 随着水深逐渐增加, 扣除背景噪声后, 120kHz 声学映像变化亦比 38kHz 更加明显; 扣除背景噪声时, 换能器表面 1 m 处的  $S_v$  值在不断改变过程中, 相同水层中不同频率数据的 NASC 和  $S_v$  的变化差异明显, 其差异程度因具体水层而异, 相同频率数据在不同水层的 NASC 和  $S_v$  的变化差异亦明显。分析认为, 扣除背景噪声非常必要; 本研究的方法能够较好地排除背景噪声, 是提高资源评估准确度的有效手段。

**关键词** 回声积分; 时变增益; 背景噪声消除; 虚拟变量法

中图分类号 O429 文献识别码 A 文章编号 1000-7075(2014)01-0009-09

## Study on background noise removal based on Echoview acoustic data post-processing system

ZHANG Jun<sup>1,2</sup> CHEN Pi-mao<sup>1,2</sup> CHEN Guo-bao<sup>2\*</sup>  
YU Jie<sup>2</sup> FAN Jiang-tao<sup>2</sup> QIU Yong-song<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Key Field Scientific Experimental Station of South China Sea Fishery Resource and Environment, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510300)

(<sup>2</sup> South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300)

**ABSTRACT** Based on the data from fishery resource acoustic surveys in central South China Sea from February to March 2012, using Virtual Variable Module of Echoview system, the effects of subtracting background noise on echogram, Ping echogram, nautical area scattering coefficient (NASC) and volume backscattering strength ( $S_v$ ) were investigated. The results showed that the interference of background noise on 120 kHz transducer was much stronger than that on 38 kHz transducer. After subtracting background noise, the variation of echogram

农业部南海渔业资源环境重点野外科学观测试验站人工鱼礁学科建设专项开放课题项目(2011-2012)、国家财政专项项目“南海海洋捕捞信息动态采集网络(2009-2012)”、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(2013ZD03; 2014TS18)、国家科技支撑计划项目(2013BAD13B06)和农业部财政专项项目(NFZX2013)共同资助

\* 通讯作者。E-mail: chenguobao@scsfri.ac.cn

收稿日期: 2012-12-30; 接受日期: 2013-06-13

作者简介: 张 俊(1984-), 男, 助理研究员, 主要从事渔业资源和声学评估研究。E-mail: zhangjun@scsfri.ac.cn, Tel: (020)89108327

from 120 kHz transducer was much more obvious than that from 38 kHz as the depth range increases; as the  $S_v$  at 1 m to the transducer surface ( $S_{v1m}$  for short) changed, the variation of NASC and  $S_v$  differentiated obviously between frequencies in the same depth layer and the extent of variation was dependent on depth layers, and the variation of NASC and  $S_v$  from the transducer of the same frequency differentiated obviously between depth layers too. The distinguishing features of variation of NASC and  $S_v$  were important bases for determining  $S_{v1m}$ . According to the analysis, it was absolutely essential to remove background noise in the post-processing of fishery acoustic data; background noise could be removed well by this method, which was a valid means of enhancing accuracy of acoustic stock estimation.

**KEY WORDS** Echo-integration; Time Varied Gain (TVG); Background noise subtraction; Virtual variable method

回声积分技术被广泛应用于评估中上层鱼类的丰度和分布(Simmonds *et al.*, 2005)。该技术基本原理是探鱼仪发射的声脉冲在水中传播,当遇到生物时,生物对入射声波产生反向散射,部分反向散射信号被换能器接收,通过对接收到的反向散射信号进行积分处理,得到该声脉冲反向散射信号的能量,根据鱼类的声学散射特性,利用该能量数据估算生物量。因为声波的扩展损失和海水介质的吸收损失,换能器接收到的回波信号的强度会因为探测目标离换能器距离的不同而变化。科研探鱼仪均具有精确的传播损失补偿功能,即时变增益(Time Varied Gain, TVG),经补偿和处理后的回声信号能客观反映鱼类对声波的反向散射能力(MacLennan 1986)。时变增益功能消除了体积反向散射对距离的依赖,是回声积分技术定量评估鱼类资源必不可少的部分(MacLennan 1986; Zhao *et al.*, 2003; Simmonds *et al.*, 2005)。

探鱼仪换能器接收到的声波信号除了来自生物的反向散射信号,一般还包含背景噪声(出现于传播介质中、但独立于探鱼仪发射的并被换能器接收的信号)。渔业声学数据处理中需要尽可能消除背景噪声以提高渔业资源声学评估的准确性。通过积分阈值能消除部分背景噪声,但高的积分阈值在消除背景噪声时,亦会将更多的目标信号扣除,尤其资源密度较低时;低的积分阈值能更有效地对弱的目标反向散射信号进行探测,但可能无法有效地消除背景噪声,如对目标强度(Target Strength, TS)较低且分布较深的南海鸕鹚进行声学评估时(Zhang 2005; Robertis *et al.*, 2007; 张俊等 2011)。利用频差技术(dB difference)进行多频分析和鱼种鉴别是渔业声学研究的重要内容,该技术要求声学数据具有较高的信噪比(Signal-to-Noise Ratio, SNR)。随着水深增加和频率变化,由于 TVG 函数对背景噪声的放大效应,如不能有效扣除背景噪声,频差分析将无法准确完成(Madureira *et al.*, 1993a, b)。本研究利用 Echoview 声学数据后处理系统中虚拟变量模块的功能,探讨扣除背景噪声对声学映像、单脉冲回声信号图、海里面积散射系数(NASC)和体积反向散射强度( $S_v$ )的影响及其与换能器频率和水深的关系,以为背景噪声消除提供科学参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 渔业声学数据采集与处理

声学数据来自 2012 年 2~3 月进行的南海中部鱼类资源声学调查,由“南锋”号调查船装备的双频 Simrad EK60 回声探测-积分系统采集,工作频率分别为 38 kHz 和 120 kHz。分析用声学映像采集时间为 2012 年 3 月 22 日 00:40~01:10。利用渔业声学数据后处理系统 Echoview(V 4.90)进行声学映像分析和积分值处理。

声学仪器系统的校正按照国际通用的标准目标方法进行(Foote *et al.*, 1987)。声学仪器的主要技术指标和参数设置见表 1。

表 1 数据采集所用 Simrad EK60 回声探测-积分系统的主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of the Simrad EK60 echosounder used for data collection

技术参数	Technical parameters	参数设置 Parameter settings	
		120 kHz	38 kHz
换能器型号	Transducer type	ES38B	ES120-7C
发射功率	Transmitting power (W)	2 000	1 000
波束的等效立体角	Equivalent beam angle (dB)	-20.6	-21.0
脉冲宽度	Pulse duration (ms)	4.0	1.0
接收器带宽	Receiver bandwidth (kHz)	0.77	3.03
换能器增益	Transducer gain (dB)	26.46	25.68
横向波束宽度	Athwardship 3 dB beam width (°)	7.10	7.10
纵向波束宽度	Alongship 3 dB beam width (°)	7.04	7.04
海水对声波吸收系数	Absorption coefficient (dB/km)	6.8	45.0
声速	Sound velocity (m/s)	1 532	1 532

1.2 背景噪声的模拟与扣除

由于科学探鱼仪的 TVG 函数的补偿功能,背景噪声可描述为(Watkins *et al.* 1996):

$$\text{背景噪声} = 20\log R + 20\alpha R + \text{offset} \tag{1}$$

式中, $R$  表示水深(m), $\alpha$  表示海水对声波的吸收系数(dB/m),offset 是常数(dB),是背景噪声回归方程的截距。本研究主要利用 Echoview 系统模拟背景噪声并将其扣除,主要步骤如下:1)确定换能器表面 1 m 处的  $S_v$  值,即公式(1)中的常数offset值,SimradEK60科学探鱼仪工作过程中会实时显示换能器表面1m处的  $S_v$  值,需要记录并将其均值或者众数

作为后续模拟背景噪声的基本参数之一;2)通过 Echoview 系统的数据生成程序(Data generator),按“评估的背景噪声=换能器表面 1 m 处的  $S_v$  值+TVG 函数曲线”法则,模拟和评估背景噪声;3)利用 Echoview 系统的线性减法算子(Linear minus),从原始  $S_v$  变量中将模拟的背景噪声扣除,即“原始  $S_v$  变量-模拟的背景噪声变量”,得到扣除背景噪声的  $S_v$  变量(Higginbottom *et al.* 2008)。因为是利用 Echoview 系统的虚拟变量模块功能模拟和评估背景噪声,故将本研究扣除背景噪声的方法称为虚拟变量法。为书写简明,将换能器表面 1 m 处的  $S_v$  值简写为  $S_{v,1m}$ 。图 1 为虚拟变量法扣除背景噪声流程。

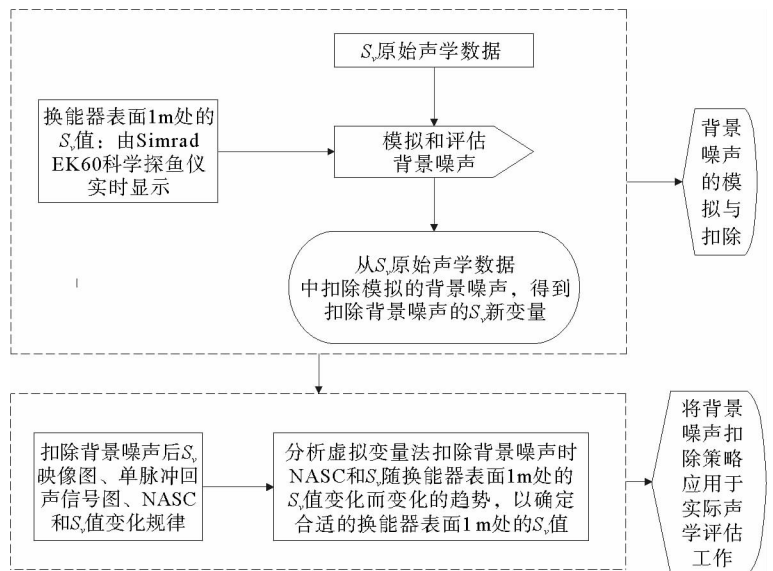


图 1 虚拟变量法扣除背景噪声流程

Fig. 1 Flow chart of subtracting background noise by virtual variable method

1.3 扣除背景噪声后回波映像、单脉冲回波信号图、NASC 和  $S_v$  变化

基本积分航程单元取 0.5 nmi,研究水深 500 m,分 10 个水层,每个水层深度 50 m。结合 38 kHz 和 120

kHz 鸢乌贼声学数据,通过分析扣除背景噪声后不同频率声学数据不同深度下回波映像和单脉冲回波信号图变化规律,探讨背景噪声对回波映像的影响及其与频率和深度之间的联系。探讨扣除背景噪声后 NASC 和  $S_v$  变化的频率差异;按水层探讨扣除背景噪声后 NASC 和  $S_v$  的变化及其与深度之间的关系。

虚拟变量法扣除背景噪声时,  $S_{v1m}$  是个重要因子。因为 Simrad EK60 探鱼仪工作中显示的  $S_{v1m}$  基本都在  $-105$  dB ~  $-155$  dB 范围内,所以,分析回波映像和单脉冲回波信号图变化时  $S_{v1m}$  取  $-105$  dB 和  $-155$  dB 的均值  $-130$  dB,探讨 NASC 和  $S_v$  随  $S_{v1m}$  改变而变化的趋势时将  $S_{v1m}$  由  $-155$  dB 逐渐增加至  $-105$  dB,为  $S_{v1m}$  的选择和优化提供参考。

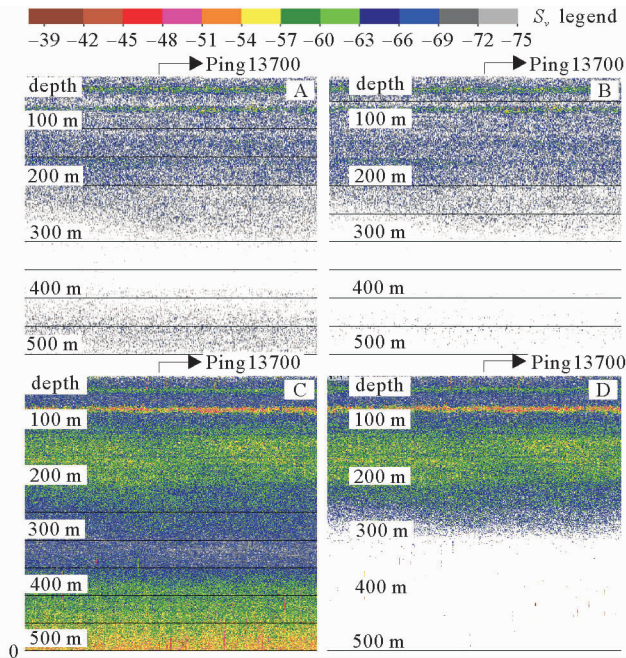
现场主要通过机钩和手钩两种方法鉴别产生回波映像的鸢乌贼。另外,作者曾于 2012 年和 2013 年两次携带科学探鱼仪 Simrad EY60 (70 kHz 和 120 kHz) 跟随广西北海的灯光罩网渔船对南海鸢乌贼进行过 100d 余的生产性调查,对鸢乌贼的生活习性和分布有一定了解,故广西北海部分灯光罩网渔船的生产资料亦是鉴别鸢乌贼映像的重要参考。

## 2 结果与分析

### 2.1 扣除背景噪声后回波映像和单脉冲回波信号图变化

图 2 是扣除背景噪声后回波映像变化。25、75 和 150 m 水层是 3 个生物聚集区,其中 150 m 水层生物密度相对较低,根据现场机钩和手钩取样及渔船生产资料判断贼鸢乌贼是以上聚集区的主要生物,且 150 m 以深水层有鸢乌贼分布(图 2-A 和图 2-C)。120 kHz 换能器的分辨率大于 38 kHz,但前者受到背景噪声的干扰远大于后者,随着水深增加,干扰愈加显著,当水深超过 250 m 时,120 kHz 换能器的回波信号几乎被噪声完全湮没,其有效探测距离远小于 38 kHz 换能器(图 2)。扣除背景噪声后,随着水深增加,回波映像消减逐渐明显,说明背景噪声的干扰逐渐加剧,所以,当目标生物 TS 较低或生活水层较深时,扣除背景噪声对提高声学评估精度和帮助回波映像分析非常有利;120 kHz 回波映像的变化比 38 kHz 的更明显,是因为虚拟变量法计算背景噪声时设置的 120 kHz 的声波吸收系数远大于 38 kHz。

图 3 是扣除背景噪声后第 13 700 个单脉冲回声信号图变化( $S_{v1m} = -130$  dB)。在 25、75、150 和 175 m 水层,38 kHz 单脉冲回声信号的  $S_v$  最大值都在  $-60$  dB 左右,120 kHz 单脉冲回声信号的  $S_v$  最大值都在  $-55$  dB 左



$S_{v1m} = -130$  dB, 取  $-105$  dB 和  $-155$  dB 的均值(见 1.3 节)

A 和 B 分别是扣除背景噪声前后 38 kHz 数据的回波映像;C 和 D 分别是扣除背景噪声前后 120 kHz 数据的回波映像;箭头指示单脉冲 137 00 的位置

$S_{v1m} = -130$  dB, the mean of  $-105$  dB and  $-155$  dB, see above in Section 1.3

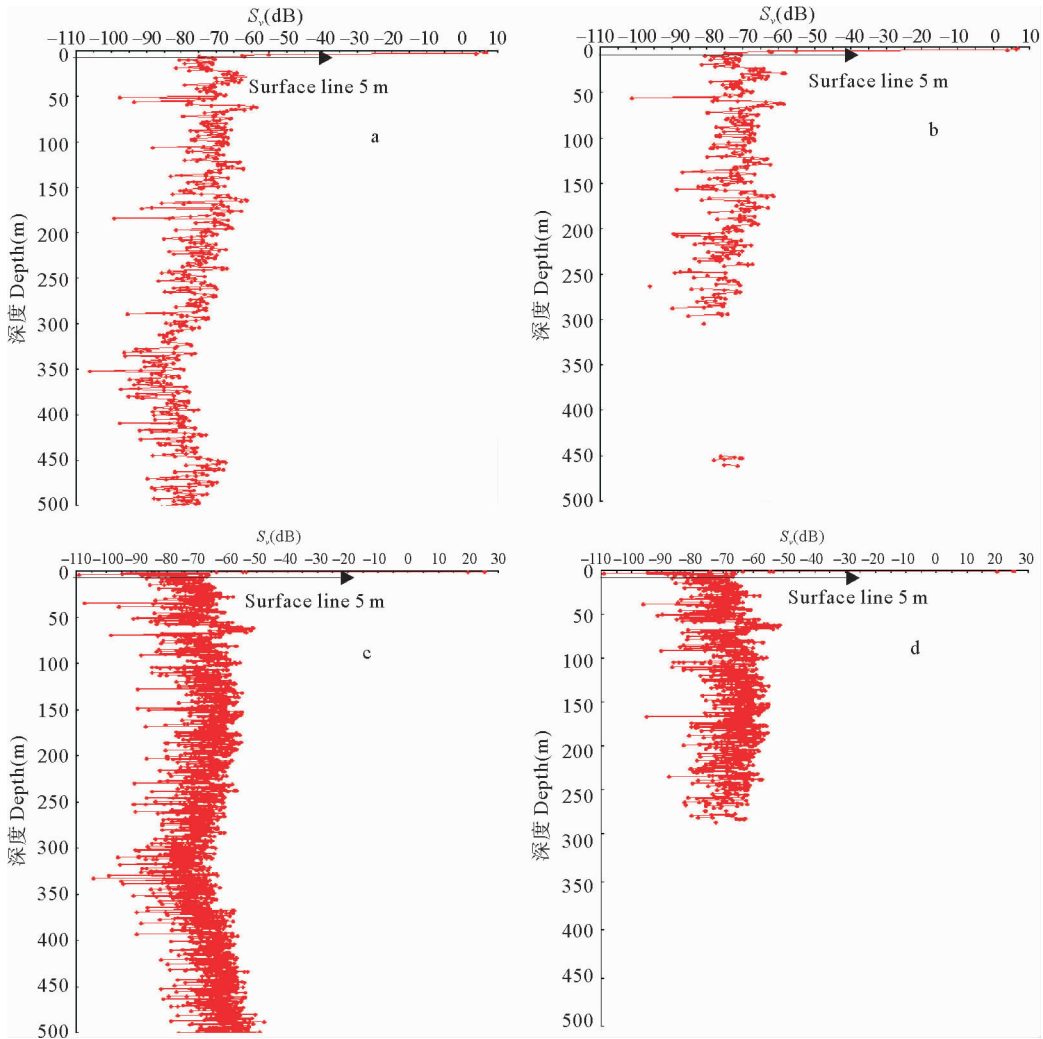
A and B were echograms of  $S_v + \text{noise}$  and  $S_v - \text{noise}$  for 38 kHz acoustic data respectively; C and D were echograms of  $S_v + \text{noise}$  and  $S_v - \text{noise}$  for 120 kHz acoustic data respectively; the arrowhead indicated the position of Ping 13700 in echogram

图 2 扣除背景噪声后回波映像变化

Fig. 2 Variation of echogram after subtracting background noise

右,相对都较高(图 3-A 和图 3-C);扣除背景噪声后,120 kHz 单脉冲回声信号图变化比 38 kHz 显著;以上结果与 2.1 中对声学映像的分析一致。

单脉冲回声信号的  $S_v$  值呈现出先变大、后变小、又变大的分布特征(图 3-A 和图 3-C),分析认为 0~175 m 目标信号较强,SNR 比较高;175~350 m 目标信号逐渐变弱,背景噪声逐渐增强,SNR 逐渐变低;350~500 m 目标信号继续变弱,背景噪声继续增强,SNR 最低。扣除背景噪声后,随水深增加,单脉冲回声信号  $S_v$  值消减愈加明显;相同水层,120 kHz 单脉冲回声信号  $S_v$  消减强于 38 kHz。



A 和 B 分别是扣除背景噪声前后 38 kHz 单脉冲回声信号图;C 和 D 分别是扣除背景噪声前后 120 kHz 单脉冲回声信号图

A and B were the ping graphs in  $S_v + \text{noise}$  and  $S_v - \text{noise}$  for 38 kHz respectively;

C and D were the ping graphs in  $S_v + \text{noise}$  and  $S_v - \text{noise}$  for 120 kHz respectively

图 3 扣除背景噪声后单脉冲回声信号图变化( $S_{v,1m} = -130$  dB)

Fig. 3 Variation of ping graph after subtracting background noise ( $S_{v,1m} = -130$  dB)

### 2.2 扣除背景噪声后不同水层的 $S_v$ 值变化

图 4 是 38 kHz 数据扣除背景噪声后  $S_v$  值变化情况。扣除背景噪声后,0~50m、50~100m 和 100~200m 水层  $S_v$  的均值变化均小于 0.3%,3 个水层  $S_v$  的分布均无明显变化( $P > 0.05$ )(图 4-A、图 4-B 和图 4-C);200~500 m 水层  $S_v$  的均值降低了 1.94 dB,  $S_v$  分布明显变化( $P < 0.05$ )(图 4-D)。

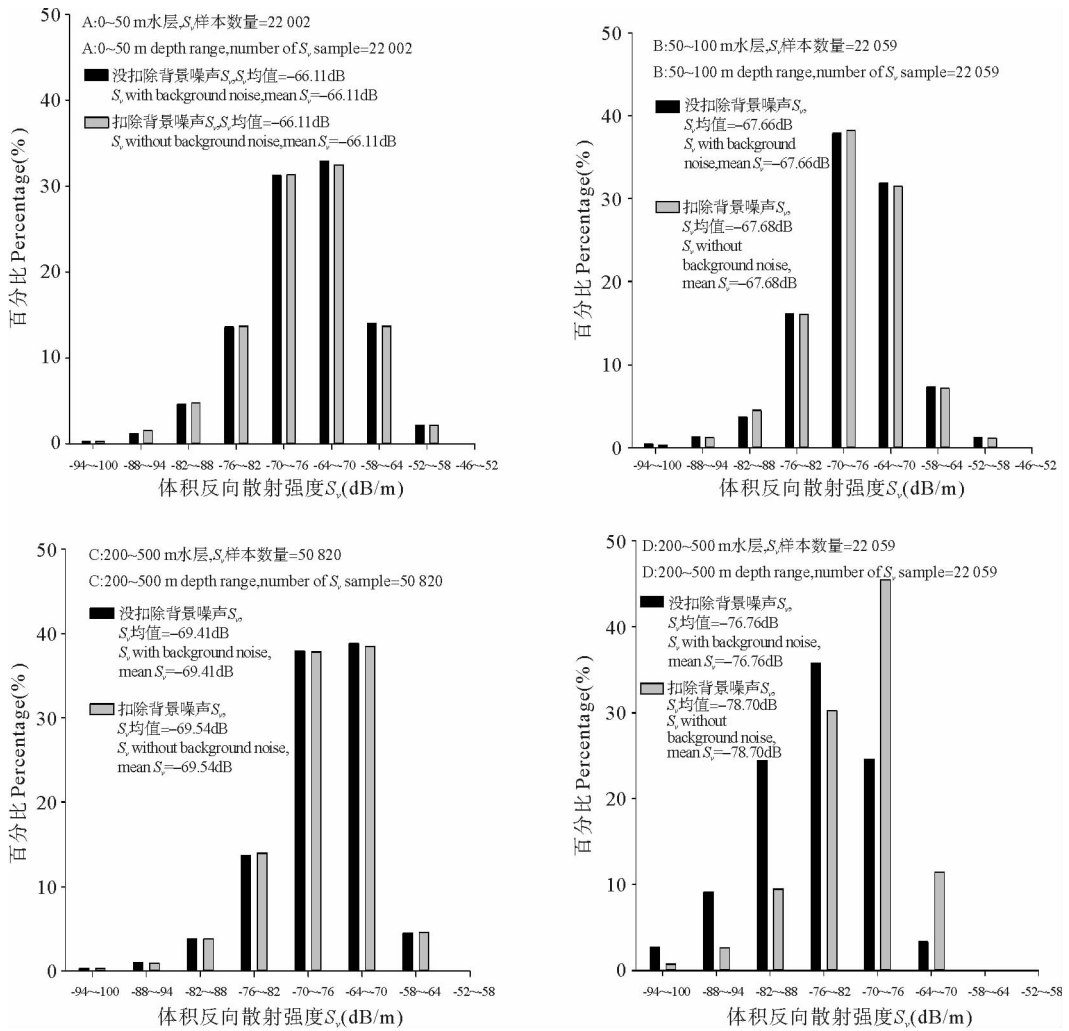


图 4 38 kHz 数据扣除背景噪声后各水层  $S_v$  值分布变化 ( $S_{v,1m} = -130$  dB)

Fig. 4 Variation of distribution of  $S_v$  value after subtracting background noise at different depth range for 38 kHz ( $S_{v,1m} = -130$  dB)

图 5 是 120 kHz 数据扣除背景噪声后  $S_v$  值变化情况。扣除背景噪声后, 0~200 m 水层  $S_v$  的均值和分布无明显变化 ( $P > 0.05$ ) (图 5-A~图 5-C); 200~500 m 水层  $S_v$  的均值降低了 6.07dB,  $S_v$  分布明显变化 ( $P < 0.05$ ) (图 5-D)。

扣除背景噪声后, 当水深较浅时,  $S_v$  值变化不明显; 当水深较深时 (如大于 200 m),  $S_v$  值变化明显。虚拟变量法扣除背景噪声时, 相同的  $S_{v,1m}$ , 120 kHz  $S_v$  的变化更加明显 (图 4-D 和图 5-D)。实际渔业声学数据分析中, 不同频率数据的  $S_{v,1m}$  一般是不同的, 需要根据具体的声学调查数据确定。

### 2.3 扣除背景噪声时 $S_{v,1m}$ 大小对 NASC 和 $S_v$ 值的影响

扣除背景噪声时  $S_{v,1m}$  变化对 NASC 和  $S_v$  值的影响见图 6, 仅选取 0~50m、50~100m、200~250m 和 400~450 m 4 个有代表性的水层对 NASC 和  $S_v$  变化与  $S_{v,1m}$  的基本关系作简要描述。

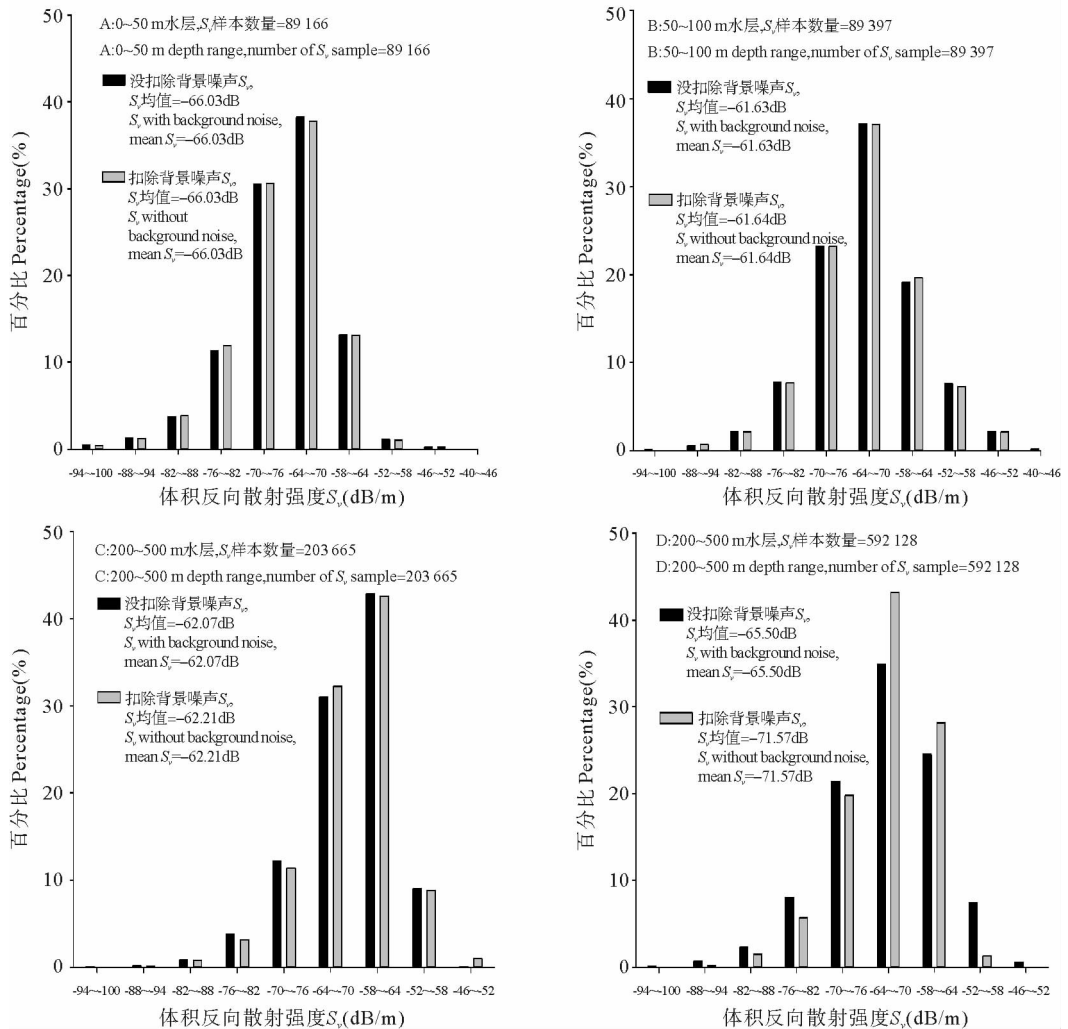
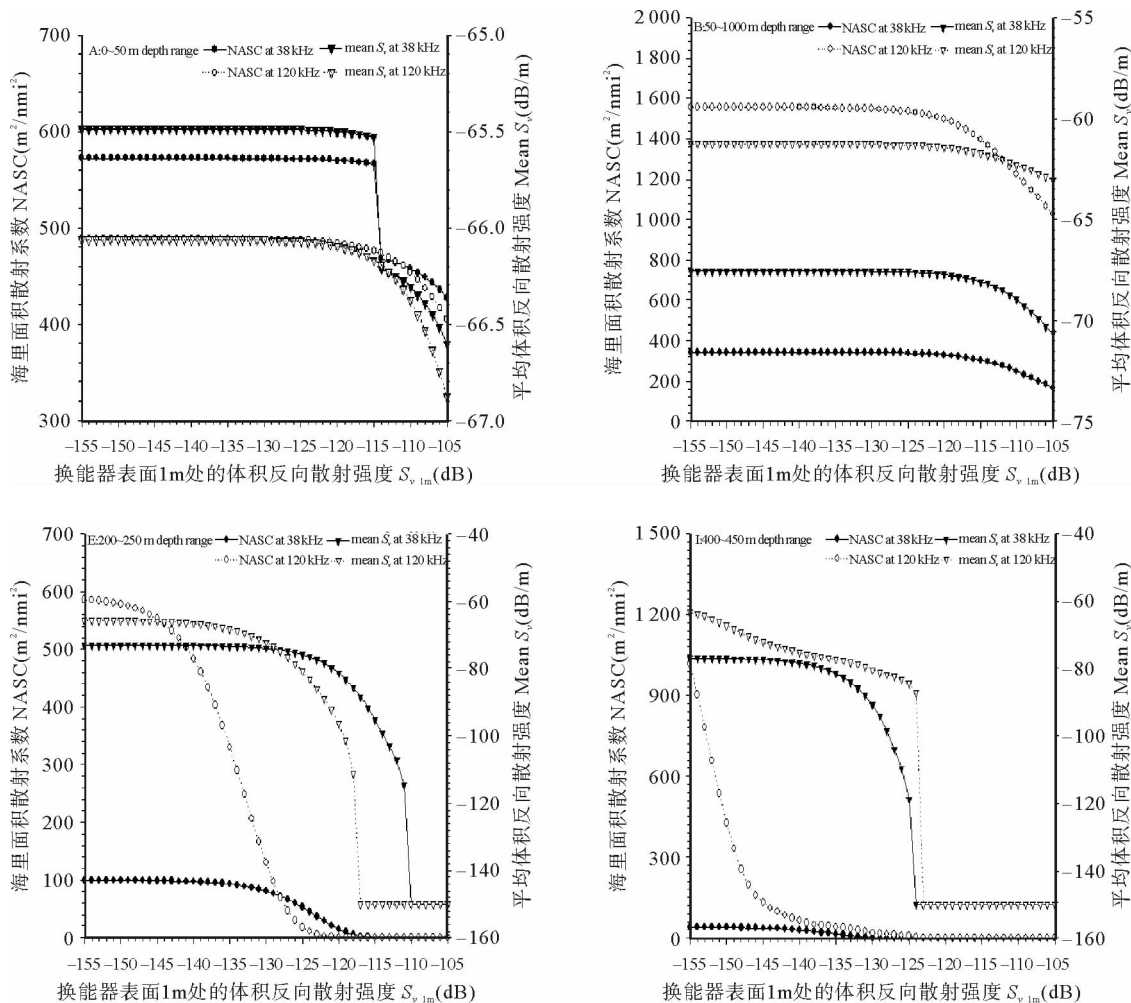


图 5 120 kHz 数据扣除背景噪声后各水层  $S_v$  值变化 ( $S_{v,1m} = -130$  dB)  
 Fig. 5 Variation of distribution of  $S_v$  value after subtracting background noise at different depth range for 120 kHz ( $S_{v,1m} = -130$  dB)

从图 6 不难发现,虚拟变量法扣除背景噪声时,随着  $S_{v,1m}$  由 -155 dB 逐步增至 -115 dB 过程中,NASC 和  $S_v$  的变化基本经历减少不明显、减少逐渐明显、出现变化的拐点和保持稳定的趋势;同一水层不同频率数据 NASC 和  $S_v$  变化差异明显;相同频率数据不同水层 NASC 和  $S_v$  变化差异亦明显。NASC 和  $S_v$  随  $S_{v,1m}$  改变而变化的特征是选择合适  $S_{v,1m}$  的重要依据,实际声学数据分析中,可在考虑水深、换能器频率、资源分布规律等因素基础上,选择 NASC 或  $S_v$  中的一个作为参数,将其变化值作为选择  $S_{v,1m}$  的标准。如果选取的基本积分航程单元足够小或者  $S_{v,1m}$  呈现稳定变化,或可选择其平均数或中位数应用于背景噪声扣除过程。

### 3 讨论

由于南海外海鸕鸟贼 TS 较低,而且分布水层能达到数百米,所以对该资源进行声学评估时,背景噪声的干扰比较严重,使用高频换能器时干扰更甚(Zhang 2005; Starr et al. 1998)。本研究通过虚拟变量法扣除背景噪声的基本原理与 Watkins 等(1996)和 Robertis 等(2007)所推荐的方法类似,但通过借助渔业声学数据后处理系统,虚拟变量法能够快速、灵活地扣除背景噪声,比较便捷,能较好地排除背景噪声,也有助于声学映像的分析,是提高资源评估准确性有效方法。



$S_v = -150$  dB 代表  $S_v = -999$  dB

$S_{v,1m} = -150$  dB represents  $S_v = -999$  dB

图 6 扣除背景噪声后  $S_{v,1m}$  变化对 NASC 和平均  $S_v$  的影响

Fig. 6 Variation of NASC and  $S_v$  after subtracting background noise as  $S_{v,1m}$

虚拟变量法扣除背景噪声的一个重要环节是确定合理的  $S_{v,1m}$ 。  $S_{v,1m}$  改变过程中, 相同水层不同频率数据的 NASC 和  $S_v$  变化差异明显, 其差异程度又因具体水层而异, 主要原因可能是设置的 120 kHz 换能器的声波吸收系数远大于 38 kHz; 相同频率数据不同水层的 NASC 和  $S_v$  变化差异亦较明显, 其主要原因可能是 TVG 函数补偿与深度正相关。 正常渔业资源声学调查中,  $S_{v,1m}$  往往随着调查船位置改变而不断变化, 船速、水深、天气、海底地形、仪器系统设置等条件中的一个或多个因素的改变都可能导致  $S_{v,1m}$  发生改变 (Korneliussen 2000; Mitson *et al.* 2003; Simmonds *et al.* 2005)。 确定合适的  $S_{v,1m}$ , 需要对导致  $S_{v,1m}$  变化的原因作合理的判断和分析, NASC 和  $S_v$  随  $S_{v,1m}$  的变化特征是确定本底噪声的重要依据, 然后如图 6 那样, 绘制 NASC 和  $S_v$  随  $S_{v,1m}$  的变化曲线, 通过分析 NASC 和  $S_v$  的变化特征选择  $S_{v,1m}$ 。

积分阈作为消除噪声和非目标信号重要方法之一, 将虚拟变量法扣除背景噪声与优化积分阈结合使用可能会得到更好的资源评估结果。 后续工作将在本研究基础上探讨 SNR 的评估方法及 SNR 高低对扣除背景噪声的影响并尝试将扣除背景噪声与优化积分阈相结合以提高渔业资源声学评估精确度的可行性。

致谢: 两位匿名审稿专家和黄海水产研究所赵宪勇研究员及王新良助理研究员对本文提出了宝贵的修改意见, 在此表示诚挚谢意!



## 参 考 文 献

- 张 俊, 王新良, 赵宪勇, 李显森. 2011. 渔业声学数据后处理中积分阈的选择与优化 I: 目标离散分布状态下积分阈的确定. 渔业科学进展, 32(4): 41-47
- 赵宪勇, 陈毓楨, 李显森, 陈卫忠, 李永振, 孙继闽, 金显仕, 唐启升. 2003. 多种类海洋渔业资源声学评估技术和方法探讨. 海洋学报, 25(1): 192-202
- Foote KG, Knudsen HP, Vestnes G and 2 others. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. ICES Coop Res Rep 144: 1-57
- Higginbottom I, Woon S, Schneider P. 2008. Hydroacoustic data processing for standard stock assessment using Echoview: Technical manual. Myriax software Pty Ltd publication, Australia
- Korneliussen RJ. 2000. Measurement and removal of echo integration noise. ICES J Mar Sci 57(4): 1204-1217
- Korneliussen RJ. 2004. The Bergen echo integrator post-processing system, with focus on recent improvements. Fish Research 68(1-3): 159-169
- MacLennan DN. 1986. Time varied gain function for pulsed sonars. Sound Vib 110(3): 511-522
- Madureira LS, Everson I, Murphy EJ. 1993a. Interpretation of acoustic data at two frequencies to discriminate between Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) and other scatterers. Plankton Res 15(7): 787-802
- Madureira LS, Ward P, Atkinson A. 1993b. Differences in backscattering strength determined at 120 and 38 kHz for three species of Antarctic macroplankton. Mar Ecol Prog Ser 93: 17-24
- Mitson RB, Knudsen HP. 2003. Causes and effects of underwater noise on fish abundance estimation. Aquat Living Resour 16(3): 255-263
- Robertis A D, Higginbottom I. 2007. A post-processing technique to estimate the signal-to-noise ratio and remove echosounder background noise. ICES J Mar Sci 64(6): 1282-1291
- Simmonds EJ, MacLennan DN. 2005. Fisheries acoustics: theory and practice (Ed.). Blackwell Scientific Publication, Oxford
- Starr RM, Throne RE. 1998. Acoustic assessment of squid stocks. FAO Fish Tech Pap 376: 181-198
- Watkins JL, Brierley AS. 1996. A post-processing technique to remove background noise from echo integration data. ICES J Mar Sci 53(2): 339-344
- Zhang Y. 2005. Fisheries acoustic studies on the purpleback flying squid resource in the south China sea (B.). National Taiwan University Publication, Taiwan, China