

以数量生物量比较曲线评价东海鱼类群落的状况

李圣法^{1,2}

(1. 农业部河口与海洋重点开放实验室, 上海 200090; 2. 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 上海 200090)

摘要: 利用 1997~2000 年东海渔业资源的调查资料, 应用数量生物量比较曲线 (abundance-biomass comparison curves, 简称 ABC 曲线) 方法及生物量谱分析东海鱼类群落的状况。调查过程中出现的鱼类有 350 种, 隶属于 29 目、121 科、239 属。按数量排序, 前 57 种鱼类的累积数量百分比达到了 99%, 其中 48 种类的平均个体质量低于 50 g, 占 84.2%, 这些鱼的累积数量百分比高达 97.7%, 生物量百分比为 82.5%; 平均个体质量在 50~100 g 之间的种类有 6 种, 而平均个体质量大于 100 g 的种类只有 3 种。主要优势种类为竹筴鱼 (*Trachurus japonicus*)、发光鲷 (*Acropoma japonicum*)、鳀 (*Engraulis japonicus*)、七星底灯鱼 (*Benthosema pterotum*)、鰕齿鱼 (*Champsodon capensis*)、带鱼 (*Trichiurus japonicus*) 等。春季、夏季和冬季东海鱼类群落的 ABC 曲线显示群落数量优势度曲线高于生物量的优势度曲线; 秋季其数量优势度曲线与生物量优势度曲线相交, 4 个季节根据 ABC 曲线计算的 W 统计值的变化范围为 -0.035~-0.077, 冬季 W 统计值最低, 其次为秋季, 夏季最高。根据 Warwick (1986) 的划分标准, 东海的鱼类群落处于严重干扰状态。从东海鱼类群落生物量谱来看, 4 个季节标准化生物量谱线性回归的斜率均小于 -1, 东海鱼类群落的生物量随着个体体质量的增加而逐渐减少, 群落的生物量主要集中于较小个体体质量区间内。虽然东海鱼类群落状况在某些季节呈现好转, 但其种类组成中小个体的比例仍然较高, 主要种类组成中绝大多数种类 (如鳀、发光鲷、七星底灯鱼等) 的成体个体较小, 各季节的数量和生物量百分比都相对较高; 也包括一些个体大小差异较大的种类 (如带鱼、小黄鱼、竹筴鱼等)。由于幼鱼补充、生长等原因导致它们数量、生物量以及平均个体体质量的季节变化较明显。而一些平均个体体质量较大的种类如蓝点马鲛 (*Scomberomorus niphonius*)、刺鲳 (*Psenopsis anomala*)、黄鳍马面鲀 (*Thamnaconus septentrionalis*) 仅在某些季节为优势种类, 但其生物量百分比远低于某些小型种类的生物量百分比。[中国水产科学, 2008, 15(1): 136~144]

关键词: 东海; 鱼类群落; ABC 曲线; 生物量谱

中图分类号: S93

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2008)01-0136-09

人类活动 (过度的商业捕捞、海洋环境污染等) 以及环境的变化直接导致主要可利用渔业种类资源的衰竭, 渔获率不断降低、个体平均体长趋小、性成熟提早等^[1]; 间接造成了海洋生物群落和海洋生态系统结构的改变^[2~3]。海洋生态学家越来越关注这些干扰对海洋生物群落影响, 并提出了一系列指标来定量度量群落乃至整个生态系统动态变化^[4~7]。

Warwick 1986 年^[8]提出用数量生物量比较曲线 (abundance-biomass comparison curves, 简称 ABC 曲线) 方法通过数量和生物量优势度曲线比较来监测干扰 (主要是污染影响) 对底栖无脊椎动物群落的影响。近年来 ABC 曲线法在渔业研究中的应用越来越多^[9~11], 由于鱼类群落中各物种的

生活史策略不同, 对捕捞和环境扰乱的反应程度亦不同, ABC 曲线法具有生态学中 r 选择和 k 选择策略的理论基础, ABC 曲线法可比较分析不同捕捞历史状况下, 不同干扰情况下群落的反应; 同时 ABC 方法仅需群落中各种类的生物量和数量的数据就可进行分析, 简单明了, 因此这种方法可作为一种基于生态系统渔业管理的基本方法。应用 ABC 曲线分析人为干扰 (捕捞) 对鱼类群落或底栖无脊椎群落的影响, 确定生物群落对干扰产生预期的反应, 对于渔业资源的研究与开发意义重大。本研究利用 1997~2000 年东海渔业资源的调查资料应用 ABC 曲线方法及生物量谱分析东海鱼类群落的现状, 旨在为东海渔业资源的合理开发与管理提供科学依据。

收稿日期: 2007-05-23; 修订日期: 2007-07-31.

基金项目: 底层生物资源补充调查和评价项目.

作者简介: 李圣法 (1969-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事海洋生态学和渔业资源研究. E-mail: shengfa@sh163.net

1 材料与方法

1.1 数据来源

1997~2000年在东海大陆架从机轮拖网禁渔区线至200 m等深线海区(26°00'~33°00' N、120°30'~128°00' E) 每经度30'、纬度30'设置一个站位,共设置138个站位(图1),运用“北斗号”渔业资源调查船进行了4个季节的底拖网调查,各次调查站位数不尽相同(表1)。调查网具为四片式底拖网,网口周长83.6 m,网口目数836,网囊网目24 mm,网长78.2 m。每站拖网1 h,鱼类一般鉴定到种,对每一种类进行称重和计数,换算为每小时的体质量(用生物量表示, W ,单位 kg/h)和数量(n ,单位 ind/h)。

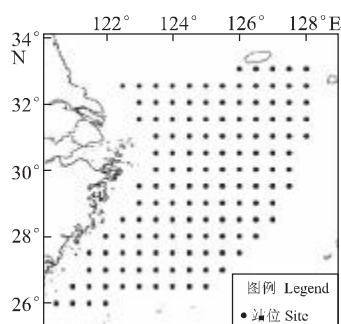


图1 东海底拖网调查站位图

Fig. 1 Sampling stations in the East China Sea

表1 1997~2000年东海底拖网调查站位数
Tab. 1 Site numbers of 4 seasons in the East China Sea from 1997 to 2000

季节 Season	调查日期 Survey date	站位数 Site numbers
秋季 Autumn	1997-10-10~12-06	131
春季 Spring	1998-03-22~05-08	133
夏季 Summer	1999-06-18~08-13	119
冬季 Winter	2000-01-04~03-11	74

1.2 分析方法

优势度曲线(k -dominance curves)是依据调查中出现物种的生物量(数量)的百分比进行降序排列,用图示的方法表示依物种降序排列的物种生物量(数量)的累积百分比,其 x 轴为物种降序排列序号的对数, y 轴为物种生物量(数量)的累积百分比,可用公式表示为:

$$\begin{cases} y_i = \sum_{j=1}^i p_j \\ x_i = \lg i \end{cases}, i=1, 2, \dots, S$$

式中, S 是群落中的物种数目, p_j 为群落中各物

种以生物量(或数量)递降顺序排列的第 j 种的生物量(数量)百分比。

数量生物量比较曲线(abundance biomass comparison curve,简称ABC曲线)方法是在同一坐标系中比较生物量优势度曲线和数量优势度曲线,通过两条曲线的分布情况来分析群落不同干扰状况下的特征^[12]。ABC曲线方法反映了 r 选择和 k 选择的传统进化的理论背景。在未受干扰(稳定)的状态下,群落主要是以 k 选择种类(生长慢、性成熟晚的大个体种类)为主,生物量优势度曲线位于数量优势度曲线之上。随着干扰的增加, k 选择物种的生物量(或数量)逐渐减少, r 选择物种的生物量(或数量)则逐渐增加,当处于中等干扰(或不稳定)的状态时,两条曲线将相交;当群落逐渐变为由 r 选择的物种(生长快、个体小的种类)为主,此时生物量的优势度曲线在数量优势度曲线之下,则表明群落处于严重干扰的(不稳定的)状态^[8, 10, 12](图2)。

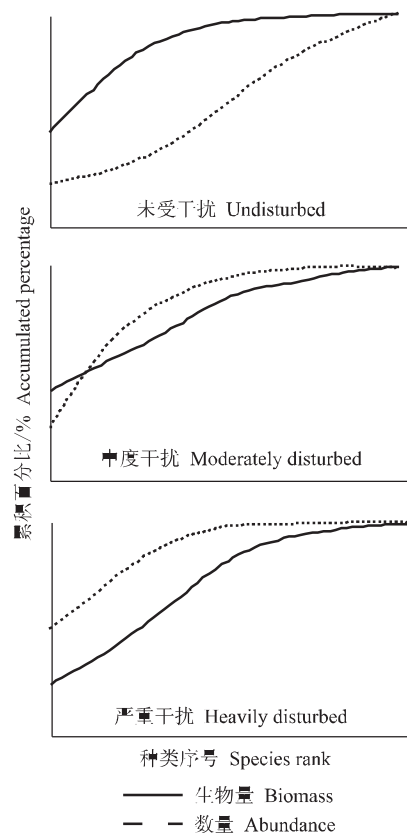


图2 不同干扰情况下的理论ABC曲线特征(依据Clarke和Warwick, 2001)^[12]

Fig. 2 Pattern of theoretical ABC curves showing 'undisturbed', 'moderately disturbed' and 'heavily undisturbed' conditions (Clarke and Warwick, 2001)^[12].

用 W 统计量 (W -statistic) 作为 ABC 曲线方法的一个统计量^[12], 其公式为:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^S (B_i - A_i)}{50(S-1)}$$

式中 B_i 和 A_i 为 ABC 曲线中种类序号对应的生物量和数量的累积百分比, S 为出现物种数。当生物量优势曲线在数量优势度曲线之上时, W 为正, 反之 W 为负。

ABC 曲线的绘制和 W 统计的计算均使用 PRIMER 5.0 软件进行。

此外用生物量谱方法分析了生物量与平均个体体质量之间关系, 先计算每个站位每个种类的平均体重, 然后以平均个体体质量 10 g 单位区间间隔计算每个区间的总生物量, 标准化的生物量谱 (Normalized Biomass Size Spectra, 简称 NBSS) 用 $\log_2$ [每一平均个体体质量区间的总生物量 / 平均个体体质量的分组间隔] (因变量) 值对 $\log_2$ (每一平均个体体质量组的上限值) (自变量) 值进行线性回归得到^[13]。如果拟合直线的斜率等于 -1, 则生物量随着体质量的增加均匀分布; 如果斜率大于 -1, 则生物量随着体质量的增加而增加; 如果斜率小于 -1, 生物量随着体质量的增加而减少^[14-15]。标准生物量谱的斜率与最小平均体质量组生物量之间的关系较明显, 最小体质量组的生物量越高, 其斜率也将越陡; 最小体质量的生物量越小, 其斜率就越平。

2 结果与分析

2.1 种类组成

共出现鱼类 350 种, 隶属于 29 目、121 科、239 属。按数量排序的前 57 种鱼类的累积数量百分比达到了 99% (表 2), 主要优势种为竹筴鱼 (*Trachurus japonicus*)、发光鲷 (*Acropoma japonicum*)、鰺 (*Engraulis japonicas*)、七星底灯鱼 (*Benthosema pterotum*)、鰾齿鱼 (*Champsodon capensis*)、带鱼 (*Trichiurus japonicus*) 等的数量百分比相对较高。以生物量排序, 前 124 种鱼类的累积生物量百分比达 99%, 主要优势种为竹筴鱼、带鱼、鰺、发光鲷、小黄鱼 (*Larimichthys polyactis*)、黄鳍马面鲀 (*Thamnaconus hypargyreus*) 等, 其中竹筴鱼和带鱼比例之和达到 40%, 其他种类的比例均低于 10%。这些种类中只有带鱼为经济种类, 其他种类均为小

型个体的种类。

表 2 中大部分鱼类的平均个体体质量相对较小, 48 种鱼类的平均个体体质量低于 50 g, 占 84.2%, 这些鱼种的累积数量百分比高达 97.7%, 生物量百分比为 82.5%; 平均个体体质量在 50~100 g 之间的种类有 6 种, 而平均个体体质量大于 100 g 的只有 3 种。而且平均个体质量较小的种类的数量百分比 ($n\%$) 高于生物量百分比 ($W\%$), $W\%-n\%$ 的值为负; 随着鱼种平均个体体质量的增加, 鱼种生物量百分比渐渐高于数量百分比, $W\%-n\%$ 的值也由负向正转变。当鱼种的平均个体体质量小于 12 g 时, $W\%-n\%$ 的值一般为负; 平均个体体质量大于 12 g 时, $W\%-n\%$ 的值均为正。

2.2 各季节 ABC 曲线的特征

4 个季节的 ABC 曲线的趋势如图 3 所示, 春季、夏季和冬季东海鱼类群落数量优势度曲线位于生物量优势度曲线之上, 秋季鱼类群落数量优势度曲线与生物量的优势度曲线相交。

春季生物量优势度曲线和数量优势度曲线中均以鰺和发光鲷的百分比排在第 1 位和第 2 位 (表 3), 但它们的数量百分比之比生物量百分比之和高出 22.9 个百分点, 且这 2 个种类的平均个体体质量仅为 6.4 g 和 4.7 g; 其他优势种类只是生物量或数量的百分比相对较高, 其中以生物量排序的优势种类还有蓝点马鲛 (*Scomberomorus niphonius*)、带鱼和小黄鱼等 (表 3), 它们的平均个体体质量相对较大; 以数量排序的优势种类还有鰾齿鱼、细条天竺鲷 (*Apogon lineatus*) 和尖牙鲷 (*Synagrops japonicus*) 等 (表 3), 它们的平均个体体质量相对较小。

夏季生物量优势度曲线和数量优势度曲线中排在前 5 位的优势种类均为发光鲷、带鱼、小黄鱼、竹筴鱼和黄鳍马面鲀 (表 3), 只是它们对应的种类序号不同, 这些种类中只有带鱼的平均个体体质量超过了 20 g, 其他鱼种都低于 20 g。而且这些鱼种中只有带鱼的生物量百分比高于数量百分比, 其他种类的数量百分比都高于生物量百分比 (表 3)。

秋季生物量优势度曲线中第 1 位的生物量百分比高于数量优势度曲线的第 1 位数量百分比, 而从第 2 位开始, 数量优势度曲线在生物量优势度曲线之上, 从而造成了两种优势度曲线的相交。生物量优势度曲线和数量优势度曲线中均排在前 5 位的优势种类为发光鲷和带鱼, 其他优势种类只是生物量或数量的百分比相对较高 (表 3)。

表 2 物种数量累积百分比达到 99% 的鱼种生物量百分比和数量百分比的比较
 Tab. 2 Comparison of abundance percentage and biomass percentage for selected species from 4 seasons,
 which accumulatedly made up 99% of the total abundance of all fish

种类 Species	n/%	W/%	(W-n)%	平均体质量 /g Average body weight
竹筴鱼 <i>Trachurus japonicus</i> (Temminck et Schlegel, 1842)	19.33	20.99	1.66	12.60
发光鲷 <i>Acropoma japonicum</i> Günther, 1859	16.58	7.06	-9.52	4.94
鳀 <i>Engraulis japonicus</i> (Temminck et Schlegel, 1846)	14.55	8.18	-6.37	6.53
七星底灯鱼 <i>Benthosema pterotum</i> (Alcock, 1891)	7.28	0.31	-6.97	0.50
鰾齿鱼 <i>Champsodon capensis</i> Regan, 1908	6.67	0.96	-5.71	1.66
带鱼 <i>Trichiurus japonicus</i> Temminck et Schlegel, 1844	6.37	19.39	13.02	35.34
细条天竺鲷 <i>Apogon lineatus</i> (Temminck et Schlegel, 1842)	5.18	1.23	-3.95	2.76
黄鳍马面鲀 <i>Thamnaconus hypargyreus</i> (Cope, 1871)	4.99	5.30	0.30	12.31
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i> (Bleeker, 1877)	2.97	5.49	2.52	21.45
尖牙鲷 <i>Synagrops japonicus</i> (Steindachner et Döderlein, 1884)	2.29	0.46	-1.83	2.32
龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i> (Hamilton, 1822)	2.11	1.85	-0.26	10.18
黄鲫 <i>Setipinna taty</i> (Valenciennes, 1848)	1.23	1.23	0.00	11.64
麦氏犀鲨 <i>Bregmaceros macclellandi</i> Thompson, 1940	1.12	0.15	-0.97	1.53
凤鲚 <i>Coilia mystus</i> (Linnaeus, 1758)	0.77	0.59	-0.18	8.92
蛇鲻 <i>Erisphex pottii</i> (Steindachner, 1897)	0.59	0.09	-0.50	1.80
赤鼻棱鳀 <i>Thryssa kammalensis</i> (Bleeker, 1849)	0.49	0.43	-0.06	10.17
鹿儿岛水珍鱼 <i>Argentina kgoshimae</i> Jordan et Snyder, 1902	0.48	0.76	0.27	18.13
叉斑狗母鱼 <i>Synodus macrops</i> Tanaka, 1917	0.47	0.46	-0.01	11.48
银鲳 <i>Pampus argenteus</i> (Euphrasen, 1788)	0.47	2.44	1.97	60.79
绿鳍马面鲀 <i>Thamnaconus septemtrionalis</i> (Günther, 1874)	0.41	1.57	1.16	44.63
日本鲭 <i>Scomber japonicus</i> (Houttuyn, 1782)	0.39	1.30	0.91	38.56
刺鲳 <i>Psenopsis anomala</i> (Temminck et Schlegel, 1844)	0.38	2.25	1.86	68.31
蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i> (Temminck et Schlegel, 1842)	0.33	1.00	0.67	34.84
六丝钝尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys hexanema</i> (Bleeker, 1853)	0.31	0.06	-0.25	2.21
深海红娘鱼 <i>Lepidotrigla abyssalis</i> Jordan et Starks, 1902	0.25	0.39	0.14	18.18
青鳞小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i> (Bleeker, 1854)	0.24	0.51	0.27	25.00
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i> (Richardson, 1844)	0.20	0.11	-0.10	5.98
仙鲷 <i>Siremba imberbis</i> (Temminck et Schlegel, 1842)	0.20	0.02	-0.18	1.24
黑鳃梅童鱼 <i>Collichthys niveatus</i> Jordan et Starks, 1906	0.19	0.08	-0.11	5.03
多棘腔吻鳕 <i>Coelorhynchus multispinulosus</i> Katayama, 1942	0.15	0.11	-0.04	8.64
花斑蛇鲻 <i>Saurida undosquamis</i> (Richardson, 1848)	0.15	0.32	0.17	24.28
黄鲷 <i>Dentex tumifrons</i> (Temminck et Schlegel, 1843)	0.15	0.88	0.73	69.26
矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i> Richardson, 1844	0.14	0.08	-0.06	6.46
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i> (Houttuyn, 1782)	0.12	0.48	0.36	45.58
叫姑鱼 <i>Johnius grypotus</i> (Richardson, 1846)	0.12	0.10	-0.02	9.68
贡氏红娘鱼 <i>Lepidotrigla guentheri</i> Hilgendorf, 1879	0.09	0.15	0.07	20.96
灰鲳 <i>Pampus cinereus</i> (Bloch, 1793)	0.08	0.65	0.57	89.40
褐斜蝶 <i>Plagiopsetta glossa</i> Franz, 1910	0.08	0.01	-0.07	1.61
条尾鲷 <i>Upeneus bensasi</i> (Temminck et Schlegel, 1842)	0.08	0.10	0.03	15.67
拟三刺鲀 <i>Triacanthodes anomalus</i> (Temminck et Schlegel, 1847)	0.07	0.09	0.02	14.31
短尾大眼鲷 <i>Priacanthus macracanthus</i> Cuvier et Valenciennes, 1829)	0.07	0.69	0.61	109.92

续表

种类 Species	$n/\%$	$W/\%$	$(W-n)\%$	平均体质量 /g Average body weight
短鳍红娘鱼 <i>Lepidotrigla micropterus</i> Günther, 1873	0.07	0.15	0.08	24.30
黑鳍犀鳕 <i>Bregmaceros atripinnis</i> Tickell, 1865	0.07	0.02	-0.05	3.24
长颌水珍鱼 <i>Glossanodon semifosciata</i> (Kishinouye, 1904)	0.07	0.18	0.11	30.71
赤鲱 <i>Doederleinia berycoides</i> (Hilgendorf, 1878)	0.06	0.09	0.02	15.44
多齿蛇鲻 <i>Saurida tumbil</i> Bloch, 1775	0.06	0.22	0.16	42.25
短颌灯笼鱼 <i>Myctophum brachygnathum</i> (Bleeker, 1856)	0.06	0.01	-0.05	1.08
半线天竺鲷 <i>Apogon semilineatus</i> Temminck et Schlegel, 1842	0.05	0.01	-0.04	2.73
叉尾深海带鱼 <i>Benthodesmns tenuis</i> (Günther, 1877)	0.05	0.09	0.03	18.55
高体若鲹 <i>Caranx equula</i> Temminck et Schlegel, 1842	0.05	0.28	0.23	66.84
日本长吻鱼 <i>Macrorhamphosus japonicus</i> (Günther, 1877)	0.05	0.05	0.01	13.69
四线天竺鲷 <i>Apogon quadrifasciatus</i> Cuvier et Valenciennes, 1929	0.04	0.01	-0.03	2.32
奇鲷 <i>Alloconger anagoides</i> (Bleeker, 1864)	0.04	0.19	0.15	53.39
斑点盖纹沙丁鱼 <i>Sardinops melanosticta</i> (Temminck et Schlegel, 1846)	0.04	0.06	0.02	18.62
蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i> (Cuvier, 1831)	0.04	1.96	1.92	592.37
日本仙鱼 <i>Aulopus japonicus</i> Günther, 1880	0.04	0.15	0.12	47.25
油鲷 <i>Sphyaena pinguis</i> Günther, 1874	0.04	0.34	0.31	111.57

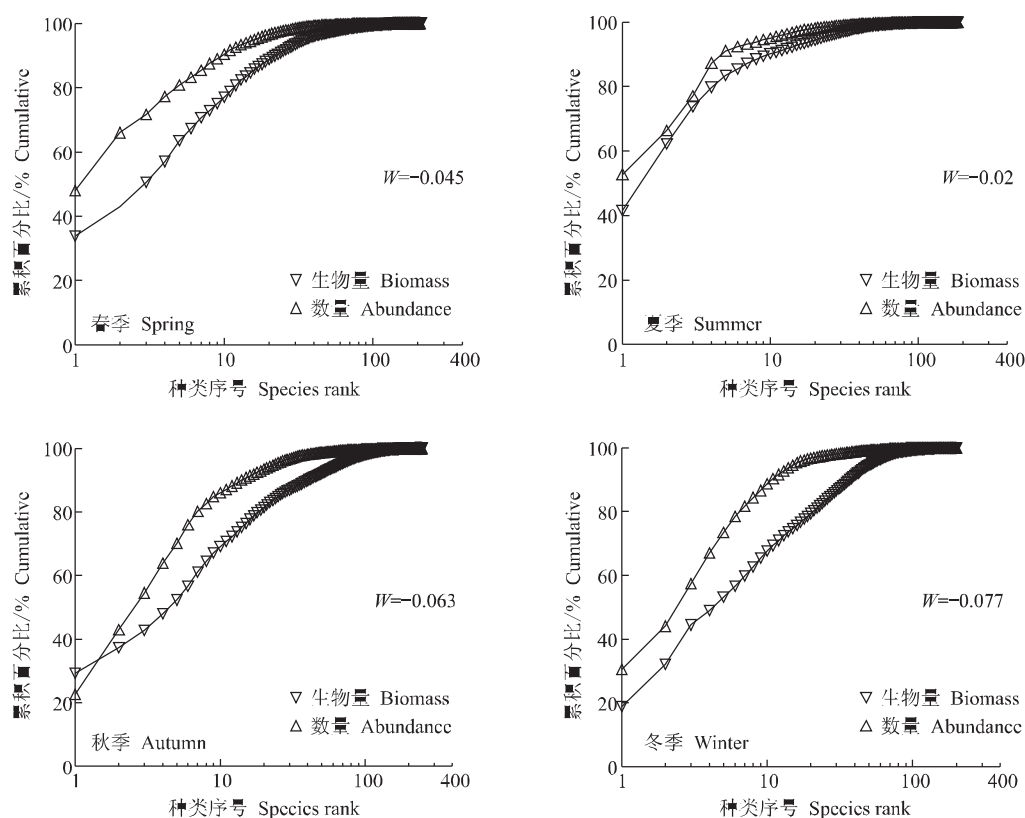
注: n —数量百分比, %; W —生物量百分比, %.Note: n —Abundance percentage, %; W —Biomass percentage, %.图3 各季节东海鱼类群落的ABC曲线以及 W 统计值Fig. 3 ABC curves and W value of fish community in East China Sea each season

表 3 各季节生物量和数量排在前 5 位的种类
Tab. 3 Fish species with biomass and abundance ranking at top five in each season

种类 Species	春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn		冬季 Winter	
	<i>W</i>	<i>n</i>	<i>W</i>	<i>n</i>	<i>W</i>	<i>n</i>	<i>W</i>	<i>n</i>
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	33.91	48.06						
发光鲷 <i>Acropoma japonicum</i>	9.20	17.94	6.12	10.65	4.42	20.39	13.11	30.42
蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	7.47							
带鱼 <i>Trichiurus japonicus</i>	6.50		20.73	10.27	29.21	6.29	18.92	
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	6.49		3.72	3.76	8.09		4.21	
鳎鱼 <i>Champsodon capensis</i>		5.63				11.51		13.42
细条天竺鲷 <i>Apogon lineatus</i>		5.52				9.28	4.45	9.60
尖牙鲷 <i>Synagrops japonicus</i>		3.70						6.37
竹筴鱼 <i>Trachurus japonicus</i>			41.51	52.79	5.09		12.44	
黄鳍马面鲀 <i>Thamnaconus hypargyreus</i>			11.43	13.64				
刺鲅 <i>Psenopsis anomala</i>					5.53			
七星底灯鱼 <i>Benthosema pterotum</i>						22.64		13.61

注: *n*—数量百分比, %; *W*—生物量百分比, %.

Note: *n*—Abundance percentage, %; *W*—Biomass percentage, %.

冬季生物量优势度曲线和数量优势度曲线中排在前 5 位的优势种类中, 只有发光鲷和细条天竺鲷的数量百分比和生物量百分比均相对较高, 但它们的平均个体质量只有 3 g 左右。其他优势种类只是生物量或数量的百分比相对较高, 生物量优势度中的其他优势种类如带鱼、小黄鱼、竹筴鱼的平均个体质量相对较高, 而生物量优势度中的其他优势鱼种如鳎鱼、七星底灯鱼、尖牙鲷等的平均个体质量相对较低。

4 个季节根据 ABC 曲线计算的 *W* 统计值均小

于 0, 其变化范围为 -0.035~-0.077, 冬季 *W* 统计值最低, 其次为秋季, 夏季最高。

2.3 生物量谱

各季节标准化生物量谱线性回归的参数值见表 4, 各个季节标准化生物量谱的相关系数 r^2 在 0.47~0.55 之间, 冬季和春季的相关系数较高, 夏季最低。4 个季节标准化生物量谱线性回归的斜率均小于 -1, 东海鱼类群落的生物量随着体重的增加不呈均匀分布, 而是随着体重的增加生物量逐渐减少。春季和夏季的斜率比秋季和冬季的斜率要高。

表 4 东海鱼类群落各季节生物谱回归分析的参数值
Tab. 4 Descriptive statistics for biomass spectra of fish community in East China Sea each season

季节 Season	斜率 Slope	截距 Intercept	相关系数 r^2 Correlation	<i>P</i>
春季 Spring	-1.213 2	19.708 1	0.538 6	<0.000 1
夏季 Summer	-1.272 8	20.341 2	0.472 1	<0.000 1
秋季 Autumn	-1.081 1	19.446 3	0.495 1	<0.000 1
冬季 Winter	-1.083 3	18.357 0	0.554 3	<0.000 1

从生物量随着个体平均体质量的变化来看 (图 4), 春季和冬季生物量随着个体平均体质量的增加而逐渐下降, 不同个体体质量区间的生物量比例差异较大, 小个体鱼种的生物量比例相对较高, 春季个体体质量小于 30 g 的生物量比例达到 67.7%, 冬季个体体质量小于 60 g 的生物量比例达 64.5%; 夏

季以个体体质量在 10~20 g 范围内的生物量比例最高, 达 58.2%, 个体体质量小于 30 g 的生物量比例达到 75.3%; 秋季在个体体质量小于 120 g 范围内, 不同区间的生物量比例在 3%~11.6% 之间波动状态, 它们的生物量之和达到 75.1%, 个体体质量大于 120 g 的各区间生物量比例相对较低。

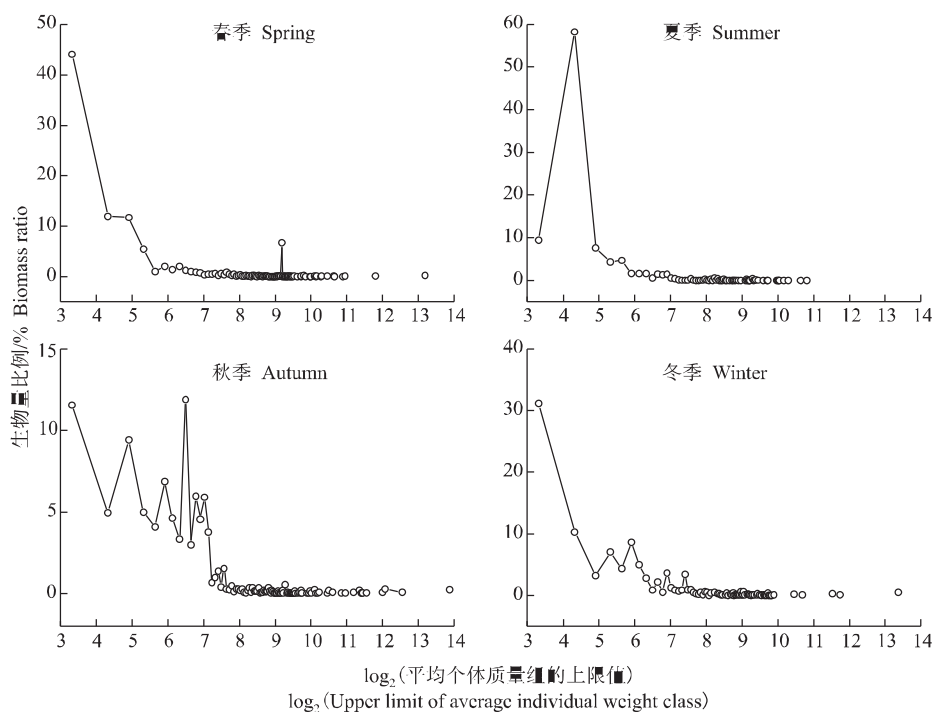


图4 东海鱼类群落各季节的不同个体体质量区间的生物量比例

Fig. 4 Seasonal proportional biomass spectra of fish community in the East China Sea

3 讨论

Warwick 和 Clarke^[16] 认为, ABC 曲线不同特征主要是由于底栖群落中组成种类生物量和数量相对比例变化引起的。Blanchard 等^[9] 则认为鱼类群落中 ABC 曲线特征反映了群落中大型种类和小型种类相对数量的变化以及个体大小组成的变化, 群落中优势种类的大小决定了生物量优势度曲线和数量优势度曲线的位置^[17]。东海鱼类群落的 4 个季节的 ABC 曲线特征虽有不同, 但它们的 W 统计值均为负, 根据 Clarke 和 Warwick^[12] 的划分标准, 东海的鱼类群落处于相对比较严重的干扰状态, 但在某些季节东海鱼类群落呈现有所好转的现象, 这主要与鱼类群落中各种类的补充、生长等内在因素以及人为因素 (如捕捞) 有关。东海自 1995 年开始实施夏季伏季休渔措施, 有效保护了鱼类群落中幼鱼, 特别是主要捕捞种类的幼鱼 (如带鱼、小黄鱼等)。到了秋季的捕捞季节, 鱼类群落中带鱼等主要捕捞对象的比例以及个体体质量明显增加, 使鱼类群落种类组成结构有所好转, ABC 曲线由数量优势度曲线在生物量优势度曲线之上转变为两者交叉。随着捕捞作业的继续, 鱼类群落中

主要捕捞种类的比例不断下降, 鱼类群落种类组成结构又呈现严重干扰状态, ABC 曲线又呈现数量优势度曲线在生物量优势度曲线之上。

虽然东海鱼类群落状况在某些季节呈现好转, 但其种类组成中小个体的比例仍然较高, 优势种类组成中绝大多数种类的个体平均体质量在 100g 以内 (表 2), 这些种类包括了小型个体种类 (如鳀、发光鲷、七星底灯鱼、细条天竺鲷、鰕齿鱼等), 它们成体个体及平均个体体质量较小, 各季节的数量和生物量百分比都相对较高; 同时, 一些个体大小差异较大的种类如带鱼、小黄鱼、竹筴鱼等, 由于幼鱼补充、生长等原因导致其数量、生物量以及平均个体体质量的季节变化较明显。而一些平均个体体质量超过 100 g 的种类如蓝点马鲛、刺鲳、黄鳍马面鲀仅在某些季节为优势种类 (表 3), 但它们的生物量百分比远低于某些小型种类, 其数量百分比则更低。从东海鱼类群落生物量谱来看, 群落的生物量主要集中于较小个体体质量区间内, 也印证了东海鱼类群落种类组成中小型个体的比例较高。

东海鱼类群落的这种现状主要是由人为因素 (如捕捞) 引起^[27]。在稳定的鱼类群落中, 其生物

量主要以较大个体为主, 优势种类主要以个体大、生命周期较长的种类为主; 随着干扰 (如捕捞) 的加剧, 鱼类群落结构发生改变^[18, 21], 鱼类群落内的种类组成由大个体、性成熟晚的种类向较小个体、生长快的种类转变^[22, 24], 较大个体的鱼类的生物量大幅度下降, 而生长较快鱼类的生物量则显著上升^[25-26]。东海的捕捞作业导致原有的资源结构解体^[27], 鱼类群落的平均营养级下降^[28]。

参考文献:

- [1] Pitcher T J. Ecosystem goals can reinvigorate fisheries management, help dispute resolution and encourage public support[J]. *Fish Fisher*, 2000, 1: 99-103.
- [2] Fogarty M J, Murawski S A. Large-scale disturbance and the structure of marine system: Fishery impacts on Georges Bank[J]. *Ecolog Applicat*, 1998, 8: S6-S22.
- [3] Pauly D, Christensen V, Dalsgaard J, et al. Fishing down marine food webs[J]. *Science*, 1998, 279: 860-863.
- [4] Rice J C. Environmental health indicators[J]. *Ocean Coastal Managem*, 2003, 46: 235-259.
- [5] Rochet M J, Trenkel V M. Which community indicators can measure the impact of fishing? A review and proposals[J]. *Can J Fish Aqu Sci*, 2003, 60: 86-99.
- [6] Rice J C, Rochet M-J. A framework for selecting a suite of indicators for fisheries management[J]. *ICES J Mar Sci*, 2005, 62: 516-527.
- [7] Shin Y-J, Rochet M-J, Jennings S, et al. Using size-based indicators to evaluate the ecosystem effects of fishing[J]. *ICES J Mar Sci*, 2005, 62: 384-396.
- [8] Warwick R M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities[J]. *Mar Biol*, 1986, 92: 557-562.
- [9] Blanchard F, LeLoc'h F, Hily C, et al. Fishing effects on diversity, size and community structure of the benthic invertebrate and fish megafauna on the Bay of Biscay coast of France[J]. *Ma Ecol Progr Ser*, 2004, 280: 249-260.
- [10] Yemane D, Field J G, Leslie R W. Exploring the effects of fishing on fish assemblages using Abundance Biomass Comparison (ABC) curves[J]. *ICES J Mar Sci*, 2005, 62: 374-379.
- [11] Jouffre D, Inejih C A. Assessing the impact of fisheries on demersal fish assemblages of the Mauritanian continental shelf, 1987-1999, using dominance curves[J]. *ICES J Mar Sci*, 2005, 62: 380-383.
- [12] Clarke K R, Warwick R M. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation; 2nd ed.[M]. PRIMPER-E: Plymouth, 2001.
- [13] Magnussen E. Demersal fish assemblages of Faroe Bank: species composition, distribution, biomass spectrum and diversity[J]. *Mar Ecol Progr Ser*, 2002, 238: 211-225.
- [14] Macpherson E, Gordo A, Garcí a-Rubies A. Biomass Size Spectra in Littoral Fishes in Protected and Unprotected Areas in the NW Mediterranean[J]. *Estu Coast Shelf Sci*, 2002, 55: 777-788.
- [15] Macpherson E, Gordo A. Biomass spectra in benthic fish assemblages in the Benguela System[J]. *Mar Ecol Progr Ser*, 1996, 138: 27-32.
- [16] Warwick R M, Clarke K R. Relearning the ABC: taxonomic changes and abundance/biomass relationships in disturbed benthic communities[J]. *Mar Biol*, 1994, 118: 739-744.
- [17] Vergnon R, Blanchard F. Evaluation of trawling disturbance on macrobenthic invertebrate communities in the Bay of Biscay, France: Abundance Biomass Comparison (ABC method) [J]. *Aqu Liv Res*, 2006, 19: 219-228.
- [18] Haedrich R L, Barnes S M. Changes over time of the size structure in an exploited shelf fish community[J]. *Fish Res*, 1997, 31: 229-239.
- [19] Jennings S, Kaiser M J. The effects of fishing on marine ecosystems[J]. *Adv Mar Biol*, 1998, 34: 201-352.
- [20] Garrison L P, Link J S. Fishing effects on spatial distribution and trophic guild structure of the fish community in the Georges Bank region[J]. *ICES J Mar Sci*, 2000, 57: 723-730.
- [21] 苏纪兰, 唐启升. 中国海洋生态系统动力学研究. II. 渤海生态系统动力学 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [22] Jin X, Tang Q. Changes in fish species diversity and dominant species composition in the Yellow Sea[J]. *Fish Res*, 1996, 26: 337-352.
- [23] Mayers R A, Worm B. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities[J]. *Nature*, 2003, 423: 280-283.
- [24] Svedäng H. The inshore demersal fish community on the Swedish Skagerrak coast, regulation by recruitment from offshore sources[J]. *ICES J Mar Sci*, 2003, 60: 23-31.
- [25] Jennings S, Greenstreet S P R, Hill L, et al. Long-term trends in trophic structure of the North Sea fish community: evidence from stable-isotope analysis, size spectra and community

- metrics[J]. Mar Biol, 2002, 41: 1 085-1 097.
- [26] Mayers R A, Worm B. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities[J]. Nature, 2003, 423: 280-283.
- [27] 邓景耀, 赵传纲, 等. 海洋渔业生物学 [M]. 北京: 农业出版社, 1991.
- [28] 柳卫海, 詹秉义. 东海区渔业资源变动分析 [J]. 上海水产大学学报, 1999, 8 (1): 19-24.

Status of fish community in East China Sea using the method of abundance-biomass comparison (ABC) curve

LI Sheng-fa^{1,2}

(1. Key Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries, Ministry of Agriculture, Shanghai 200090, China; 2. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

Abstract: Abundance-biomass comparison curve and biomass spectra methods were applied to analyze the data collected from fisheries-independent bottom trawl surveys of four seasons from 1997 to 2000 along the continental shelf (30–200 m in depth) of the East China Sea (ECS). Based on the analysis, the status of fish community in the East China Sea was evaluated. There were 350 fish species, belonging to 239 genera, 121 families and 29 orders collected during the surveys. According to the fish abundance rank, 57 fish accounted for 99% of the total abundance of all fish. Thereinto the average body weight of 48 fish, which accounted for 84.2% abundance and 82.5% biomass of 57 fish, were lower than 50 g. Otherwise the average body weight of 6 species of fish were between 50–100 g, and the average body weight of 3 species of fish was over 100 g. The dominant species included Japanese jack mackerel (*Trachurus japonicus*), glowbelly (*Acropoma japonicum*), Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*), skinnycheek lanternfish (*Benthosema pterotum*), gaper (*Champsodon capensis*) and largehead hairtail (*Trichiurus japonicus*). The *k*-dominance curves of abundance were above either the biomass curve (in spring, summer and winter), or the curves intersected (in winter). The *W*-statistic values were between -0.035 and -0.077 in four seasons. The present fish community in ECS was disturbed based on the theory of Warwick (1986). Furthermore the slopes of normalized biomass spectra were lower than -1, and the biomass size spectra were characterized by a comparatively large biomass of small species. Although the status of fish community presented a better change in some seasons, the proportions of middle and small-sized fish were still high in species composition. Most of the dominant species (such as Japanese anchovy, glowbelly and skinnycheek lanternfish) were in small size with a relatively high proportion of abundance and biomass in all seasons. And some species (such as largehead hairtail, small yellow croaker and Japanese jack mackerel) whose abundance, biomass and average body weight varied in different seasons because the growth and recruitment of juveniles were also included. The larger-sized fish, such as Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*), wart perch (*Psenopsis anomala*) and yellow-fin filefish (*Thamnaconus septentrionalis*), whose biomass were more lower than that of the smaller-sized fish were dominant only in certain seasons. [Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15(1): 136–144]

Key words: East China Sea (ECS); fish community; ABC curves; biomass spectra