

# 渤海鱼类群落结构及其 主要增殖放流鱼类的资源量变化

单秀娟<sup>1</sup> 金显仕<sup>1\*</sup> 李忠义<sup>1</sup> 陈云龙<sup>1,2</sup> 戴芳群<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 山东省渔业资源与生态环境重点实验室

中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(<sup>2</sup>中国海洋大学水产学院, 青岛 266003)

**摘要** 基于 2010 年 5 月和 8 月渤海渔业调查数据, 结合 1959 年以来渤海鱼类相关文献资料, 对渤海鱼类群落结构的演替、主要增殖放流鱼类的资源动态作了初步分析。结果表明, 渤海鱼类群落优势种由个体大、营养层次高的带鱼 *Trichiurus haumela*、半滑舌鳎 *Cynoglossus semilaevis* 等优质底层鱼类逐渐被黄鲫 *Setipinna taty*、鰕 *Engraulis japonicus* 等个体小、营养层次低的小型中上层鱼类所替代, 并且除黄鲫外, 其他小型鱼类优势种也在不断更替中。另外, 生物健康度指数(BHI)分析显示, 渤海鱼类群落处于相对不稳定状态。鱼类资源量急剧降低, 尤其在 5 月, CPUE 由 1959 年的 186 kg/h 下降至目前不足 1 kg/h, 鱼类资源密集区主要分布在莱州湾、渤海湾和渤海中部, 而辽东湾分布相对较少, 并且鱼类资源与海蜇呈交错分布。近年来, 渤海增殖放流的鱼类仅有花鲈 *Lateolabrax japonicus* 和许氏平鲈 *Sebastes schlegeli* 的资源量有小幅回升, 其他种类从 20 世纪 80 年代开始资源量一直处于下降趋势。从渤海鱼类群落结构的演替和增殖放流鱼类的资源量变化来看, 渤海鱼类群落依旧是小经济价值较低的种类控制其能流结构。除花鲈外, 其他增殖放流鱼类的资源量均不足历史最高资源量的 1%, 其资源量的恢复尚有很大的空间, 增殖潜力很大。

**关键词** 渤海 鱼类 群落结构 增殖放流

中图分类号 S932.4 文献标识码 A 文章编号 1000-7075(2012)06-0001-09

## Fish community structure and stock dynamics of main releasing fish species in the Bohai Sea

SHAN Xiu-juan<sup>1</sup> JIN Xian-shi<sup>1\*</sup> LI Zhong-yi<sup>1</sup>

CHEN Yun-long<sup>1,2</sup> DAI Fang-qun<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Shandong

Provincial Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-environment, Yellow Sea Fisheries

Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(<sup>2</sup>Fisheries College, Ocean University of China, Qingdao 266003)

**ABSTRACT** Based on the bottom trawl data in May and August, 2010 in the Bohai Sea, combined with the fishery data and literature in the Bohai Sea since 1959, the succession of fish

公益性行业(农业)科研专项(200903005)、全球变化研究重大科学研究计划项目(2010CB951204)和山东省泰山学者专项基金共同资助

\* 通讯作者。E-mail: jin@ysfri. ac. cn

收稿日期: 2012-08-05; 接受日期: 2012-09-25

作者简介: 单秀娟(1980-), 女, 副研究员, 主要从事鱼类生态学研究。E-mail: shanxj@ysfri. ac. cn, Tel: (0532)85836344

community structure and the stock dynamics of main releasing fish species in the Bohai Sea were analyzed. The shift of dominant species was rapid, and large-sized, high trophic level species (e. g. *Trichiurus haumela*, *Cynoglossus semilaevis* and so on) were replaced by small-sized and low trophic level species (*Setipinna taty*, *Engraulis japonicus* and so on). Rapid shifts in small-sized fish species were also found in fish community in recent years, excluding *Setipinna taty*, which was the dominant species in fish community since the 1980s. In addition, fish community structure was in a fluctuating state *versus* time according to the analysis of biology healthy index. Fish catch per unit effort in May sharply decreased from 186 kg/h in 1959 to no more than 1 kg/h in the present. Fish stock mainly distributed in the Laizhou Bay, Bohai Bay, and the central part of the Bohai Sea, but much less in the Liaodong Bay, and staggered biomass distribution were found between fish and jellyfish. The biomass of releasing fish species *Lateolabrax japonicas* and *Sebastes schlegeli* increased slightly in recent surveys, but that of other releasing fish species showed a decreasing trend since the 1980s. The biomass of a few releasing fish species was restored to some extent by stock enhancement, yet still less than 1% of the maximum biomass in history (excluding *L. japonicas*). Fish community in the Bohai Sea was dominated by small-sized and low trophic level species, indicating that a lot of work needs to be done for stock enhancement.

**KEY WORDS** Bohai Sea Fish Community structure Stock enhancement

渤海是黄、渤海众多渔业生物的产卵场和栖息地(万瑞景等 1998;邓景耀等 2000;王爱勇等 2010),对黄、渤海渔业生物的繁衍起了重要的作用。近年来,由于高强度渔业捕捞,直接导致渤海许多重要渔业种类资源量明显下降、个体变小、性成熟提前,如小黄鱼的体长由 20 世纪 70 年代的 20cm 下降至目前的 10cm 左右,并且渔获物营养级下降,优质种类减少,劣质种类增加(Tang 1993;Jin 2004;张波等 2004;Zhang *et al.* 2007)。同时,由于环渤海地区经济(工农业、渔业、能源、运输和旅游)的高速发展,大量有机污染物和生活污水通过河流进入渤海,从而使渤海水域污染日益加剧、赤潮频发,生态环境恶化,造成了渤海渔业生态服务功能衰退。目前,渤海鱼类繁殖和栖息环境恶劣,渤海作为黄、渤海鱼类产卵场和索饵场的功能已经退化(李显森等 2008),一些传统经济鱼类如带鱼 *Trichiurus haumela*、鲷 *Ilisha elongata* 等已基本绝迹。渤海渔区经济与渔民生活受到了很大的影响,形成了生物危机(渔业资源枯竭)——生态危机(海洋生态失衡)——经济危机(捕捞成本增加、收益减少)——社会危机(渔民生活质量和生活水准下降)的恶性循环。

为维护渤海渔业资源的合理开发利用和渤海渔区经济的健康发展,从 1988 年秋季开始,国家规定底拖网全部退出渤海,并且在 20 世纪 80 年代就把渤海作为我国北方水产资源增殖基地,开展部分经济种类的增殖放流,旨在保护其繁育群体,提高其自我更新能力。特别是 2006 年我国颁布了《中国水生生物资源养护行动纲要》,渤海的增殖放流工作更是进入一个新时代,对渤海渔区渔业产量的提高和渔民增收发挥了积极作用,但是关于渤海增殖放流种类资源量的变化及其对生态系统群落结构的可能影响尚未见报道。本研究基于 2010 年 5 月和 8 月对渤海的大面渔业资源调查,并结合 1959 年以来渤海鱼类的相关研究文献,对渤海鱼类群落结构的演替、主要增殖放流鱼类的资源动态作了初步分析,以为渤海渔业资源的保护和增殖放流工作提供科学基础。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料来源和处理

材料来源于 2010 年 5 月和 8 月采用“鲁莱渔”6802/6836 双拖渔船对渤海进行的大面渔业资源调查,取样

站位及调查网具参数同张一波等(2012)。对每站鱼类进行种类鉴定,记录每种鱼类单位时间的渔获尾数(尾/h)和单位时间的渔获量(Catch per unit effort, CPUE, kg/h)。渤海1959年以来的鱼类数据来源于金显仕等(1998、2001)、Jin(2004)和李显森等(2008)。其中李显森等(2008)的调查网具参数(2004年)与本次调查相同;1982~1998年调查网具网口周长为600目,其他参数与本次调查相同;1959年调查网具网口周长为400目,网囊网目为80mm;在数据处理过程中均转换为网口周长600目、1h渔获量,1959年的数据只作为参考。

## 1.2 群落优势度

采用Pianka(1971)的相对重要性指数(*IRI*)作为鱼类优势度的指标:

$$IRI = (N + W) \times F$$

式中,*N*和*W*分别为每种鱼类占所捕鱼类总量的个体数百分比和重量百分比,*F*为出现频率,即某种鱼类出现的站数占有所有采样站位的比例。*IRI*值大于1000时为优势种,50~1000为常见种,与优势种一起合称为重要鱼种成分(朱鑫华等1996)。

## 1.3 群落健康度

采用生物健康度指数(*BHI*)来衡量渤海鱼类群落健康度(Cooper *et al.* 1994):

$$BHI = 10(J) [\ln(H') / \ln(H'_{ref})]$$

式中,*J*为当次采样中所获鱼种总数与参照生态系统中鱼种类总数的商,即*S/S<sub>ref</sub>*。其中,*S*为当次调查的鱼种类总数,*S<sub>ref</sub>*为参照系统的鱼种类总数。*H'*是当次采样生态系统的Shannon-Weaver多样性指数,*H'<sub>ref</sub>*为参照系的多样性指数。根据公式要求,需要有一个参照系,因为缺乏更多完整的数据构造原始参照系和取样网具的统一化,因此选择1982年5月和8月作为对照系,基数值为10。以此为基数,调查水域的*BHI*值越小,则说明生态系统破坏程度越大,健康度越低。如果值超过10,说明相对于参照系而言,是一个更为健康的生态系统。

## 1.4 资源量评估

各增殖放流鱼类的资源量以扫海面积法来估算,计算公式为:

$$\rho = C/aq$$

$$B = \rho \times A$$

式中, $\rho$ 是资源密度,*C*是平均每小时拖网渔获量,*a*是网具每小时扫海面积,*q*是网具捕获率,不同种类的可捕系数参照金显仕等(2005),*B*是总资源量,*A*是调查海区总面积,渤海面积按照77000km<sup>2</sup>计算。

## 1.5 数理统计

全部统计分析和数据作图采用软件Microsoft Excel、Primer 5和ArcGIS 9完成。

# 2 结果

## 2.1 鱼类种类组成

渤海2010年5月和8月两次调查共捕获鱼类43种,分别隶属于8目、22科、38属,全部为硬骨鱼类(鲈形目种类最多,其次为鲱形目);其中5月捕获鱼类23种,8月捕获鱼类41种。捕获的中上层鱼类包括银鲳 *Pampus argenteus*、黄鲫 *Setipinna taty*、斑鲹 *Konosirus punctatus*、蓝点马鲛 *Scomberomorus niphonius*、赤鼻棱鳀 *Thrissa kammalensis*、鲷 *Engraulis japonicus*等;底层鱼类包括小黄鱼 *Larimichthys polyactis*、花鲈 *Lateolabrax japonicus*、黄鲛鲷 *Lophius litulon*、细纹狮子鱼 *Liparis tanakae*、大泷六线鱼 *Hexagrammos otakii*、鲆鲽类、鰕虎鱼类等。

渤海1959~2010年鱼类种类数变化见图1。1982年5月渤海鱼类种类数最高,1982年以后到2010年,

鱼类种类数一直处于降低趋势;8月鱼类种类数也是1982年达到最高值,其后一直下降,直到2010年又有所升高。

## 2.2 鱼类优势种变化

5月:渤海鱼类的IRI值均未达到优势种水平,常见种为花鲈、黄鲫、银鲳、中华栉孔鰕虎鱼 *Ctenoprypauchen chinensis* 和丝鰕虎鱼 *Cryptocentrus filifer*。常见种的渔获量占鱼类总渔获量92.16%(表1)。

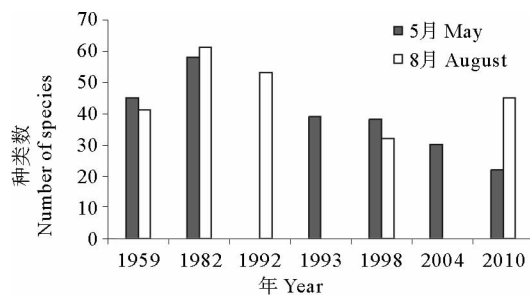


图1 渤海鱼类种类数的变化(1959~2010年)

Fig. 1 Variations in the number of fish species in the Bohai Sea(1959~2010)

表1 渤海5月重要鱼种组成

Table 1 Main fish species composition in the Bohai Sea in May

种类 Species	W (kg/h)	N(%)	W(%)	F(%)	IRI
花鲈 <i>L. japonicus</i>	0.234	0.50	74.92	5.00	377.08
黄鲫 <i>S. taty</i>	0.031	14.86	9.77	30.00	738.90
银鲳 <i>P. argenteus</i>	0.014	4.28	4.93	40.00	368.50
中华栉孔鰕虎鱼 <i>C. chinensis</i>	0.003	27.83	1.37	30.00	876.09
丝鰕虎鱼 <i>C. filifer</i>	0.003	23.61	1.17	35.00	867.26
总计 Total	0.286	71.08	92.16		

8月:渤海鱼类优势种仅有斑鲷1种,其渔获尾数和渔获量占鱼类总渔获尾数和总渔获量的80.16%和85.91%;常见种包括银鲳、黄鲫、矛尾鰕虎鱼 *Synechogobius hasta*、鲷、蓝点马鲛和赤鼻棱鲷,出现频率均超过20%,优势种和常见种的渔获量占鱼类总渔获量的98.22%(表2)。

表2 渤海8月重要鱼种组成

Table 2 Main fish species composition in the Bohai Sea in August

种类 Species	W (kg/h)	W(%)	N(%)	F(%)	IRI
斑鲷 <i>K. punctatus</i>	18.879	85.91	80.16	33.33	5 535.49
银鲳 <i>P. argenteus</i>	1.466	6.67	0.25	50.00	345.67
黄鲫 <i>S. taty</i>	0.500	2.28	3.47	43.75	251.46
蓝点马鲛 <i>S. niphonius</i>	0.390	1.77	0.18	31.25	60.86
矛尾鰕虎鱼 <i>S. hasta</i>	0.172	0.78	5.32	85.42	521.10
鲷 <i>E. japonicus</i>	0.128	0.58	4.96	27.08	149.86
赤鼻棱鲷 <i>T. kammalensis</i>	0.052	0.23	1.55	29.17	51.86
总计 Total	21.848	98.22	95.89		

## 2.3 鱼类生物量的时空分布

5月:渤海鱼类的CPUE为0.314 kg/h,其中花鲈CPUE最大,为0.234 kg/h,其他鱼类CPUE都不足0.1 kg/h。渤海鱼类资源分布相对均匀,主要集中在莱州湾、渤海湾及渤海中部,辽东湾鱼类CPUE相对较低,在莱州湾东部和渤海湾西部分别有一个CPUE相对较高的站,分别为6.059、3.800 kg/h,主要以花鲈为主,CPUE分别为5.872、3.548 kg/h(图2)。

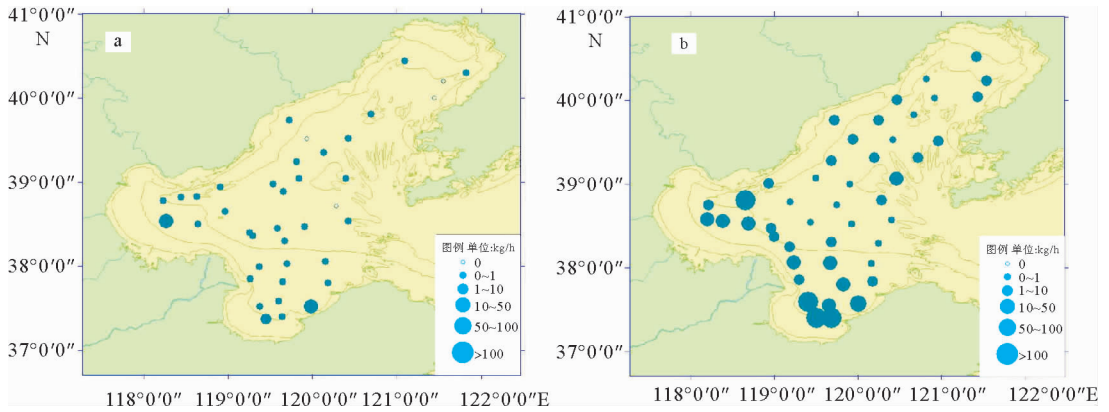


图 2 渤海 5 月(a)和 8 月(b)鱼类 CPUE 分布

Fig. 2 CPUE distribution of fish in the Bohai Sea in May (a) and August (b)

8 月:渤海鱼类 CPUE 为 21.976 kg/h,其中斑鲈 CPUE 最大,为 18.879 kg/h,其渔获量占鱼类总渔获量的 85.91%(表 2)。鱼类资源密集区主要分布在莱州湾和渤海湾,CPUE 超过 10 kg/h 的有 9 个站,主要以斑鲈、银鲳、黄鲫、蓝点马鲛为主,其中斑鲈主要分布在莱州湾南部沿岸水域,最高 CPUE 达到 678.621 kg/h。银鲳主要分布在渤海湾中部水域,CPUE 超过 50 kg/h 的站位有 1 个;黄鲫主要分布在渤海湾口和中部水域及辽东湾北部沿岸水域,最高 CPUE 为 3.797 kg/h;蓝点马鲛主要分布在莱州湾东部沿岸水域,最高 CPUE 为 14.483 kg/h(图 2)。另外,在调查期间渤海有大量海蜇分布,CPUE 为 38.117 kg/h。海蜇资源密集区主要分布在渤海湾中部及湾口、辽东湾口和莱州湾东部沿岸水域,在此密集区内海蜇 CPUE 超过 50 kg/h 的站位有 17 个,最高 CPUE 达到 496.552 kg/h。可以看出海蜇和鱼类资源呈交错分布,海蜇密度较高的水域鱼类 CPUE 较低,特别是辽东湾水域,鱼类 CPUE 均在 10 kg/h 以下。

### 2.4 渤海鱼类群落健康度

5 月:1959~1982 年,渤海鱼类群落健康度指数迅速升高,此后,鱼类群落健康度指数下降,然后,有小幅度上升,1998 年以后,鱼类群落健康度指数一直处于下降趋势,并且所有调查年代的鱼类群落健康度指数均低于对照基数(10),其中以 1959 年最低,仅为-5.56。由此可见,5 月渤海鱼类群落处于波动状态(图 3)。

8 月:1959~1982 年,鱼类群落健康度指数迅速升高,此后,鱼类群落健康度指数一直处于下降趋势,并且所有调查年代的鱼类群落健康度指数均低于对照基数(10),以 2010 年最低,为-0.23。由此可见,8 月渤海鱼类群落处于不稳定状态,并且 8 月渤海鱼类群落健康指数要高于对应年代 5 月的鱼类群落健康指数(1998 年除外)(图 3)。

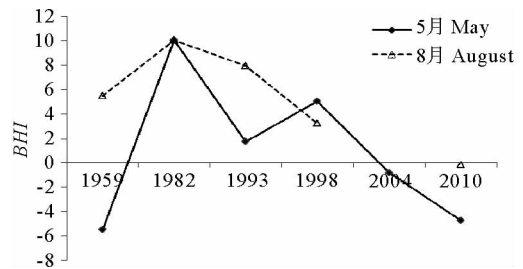


图 3 渤海 5 月和 8 月鱼类群落的健康度(1959~2010 年)  
Fig. 3 BHI of fish community in the Bohai Sea in May and August(1959~2010)

### 2.5 主要增殖放流鱼类的资源量变化

#### 2.5.1 褐牙鲈 *Paralichthys olivaceus*

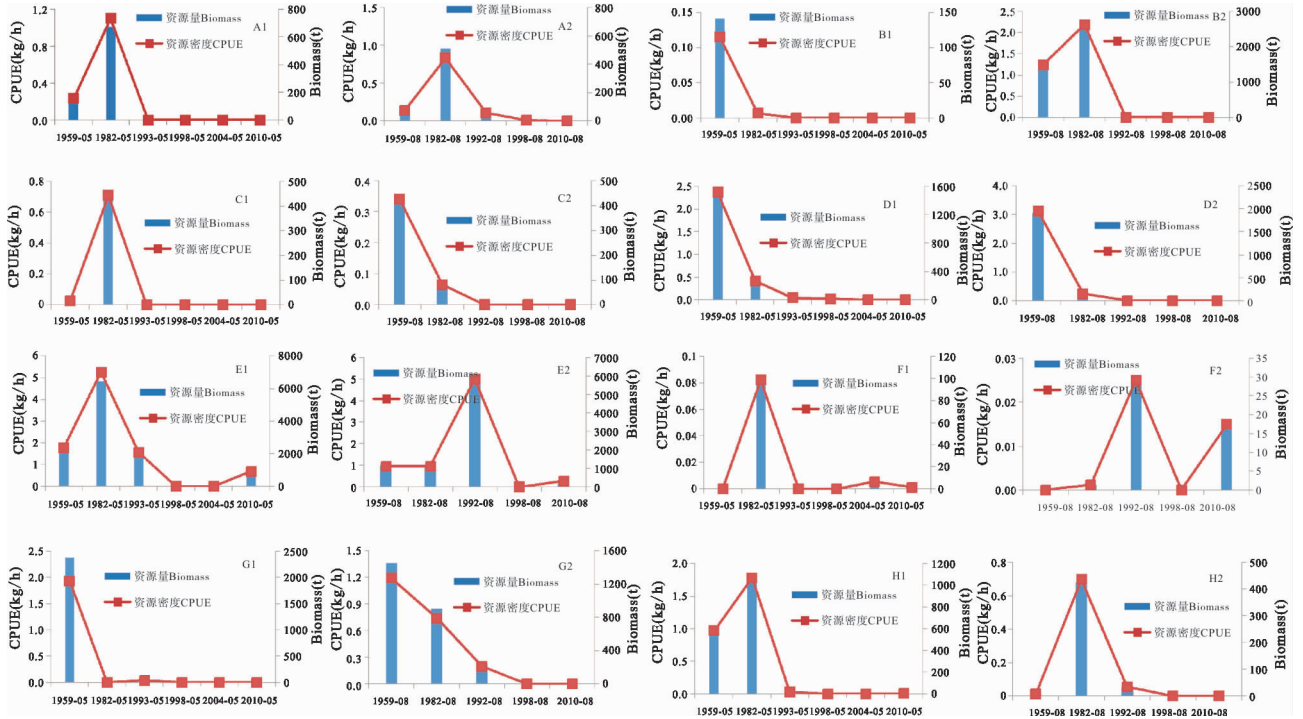
5 月:1959~1982 年,褐牙鲈 CPUE 和资源量迅速增加,分别从 0.23 kg/h 增加至 1.10 kg/h,从 141.77t 增加至 672.83 t,1982 年褐牙鲈资源量为 1959 年的 476.59%,1982 年以后调查中均未捕获褐牙鲈。

8 月:1959~1982 年褐牙鲈资源量大幅度上升,1982 年资源量是 1959 年的 591.86%,1982 年以后其资源量迅速下降,2010 年其资源量下降至不足 2 t,仅为 1982 年的 0.39%(图 4A)。

### 2.5.2 真鲷 *Pagrosomus major*

5月:1959~1982年,真鲷 CPUE 和资源量迅速下降,1982年 CPUE 不足 0.01 kg/h,资源量仅为 1959 年的 5.88%,1982年后,调查中均未捕获真鲷。

8月:除 1992 年外,1959~2010 年均有捕获真鲷,1959~1982 年真鲷资源量增加,为 1959 年的 177.38%,达到 2 676.67 t,1998 年以后真鲷资源量均不足 2 t(图 4B)。



A. 牙鲆;B. 真鲷;C. 梭鱼;D. 半滑舌鲷;E. 花鲈;F. 许氏平鲷;G. 东方鲀类;H. 黄盖鲷

A. *P. olivaceus*;B. *P. major*;C. *M. cephalus*;D. *C. semilaevis*;E. *L. japonicus*;F. *S. schlegeli*;G. Fugu species;H. *P. yokohamae*

图4 渤海主要增殖放流种类的 CPUE 和资源量

Fig. 4 CPUE and stock assessment of the main releasing fish species in the Bohai Sea

### 2.5.3 梭鱼 *Mugil cephalus*

5月:1959~1982年,梭鱼 CPUE 和资源量迅速增加,1982年分别达到 0.71 kg/h 和 431.99 t,1982 年梭鱼资源量为 1959 年的 1 346.87%,但 1982 年后调查均未捕获梭鱼。

8月:1959~1982 年,梭鱼资源量下降,1982 年仅为 1959 年的 19.10%,此后调查中均未捕获梭鱼(图 4C)。

### 2.5.4 半滑舌鲷 *Cynoglossus semilaevis*

5月:1959~1998 年,半滑舌鲷资源量持续下降,1998 年的资源量仅为 1959 年的 0.77%和 1982 年的 4.40%,1998 年以后的调查中未捕获半滑舌鲷。

8月:1959~1982 年,半滑舌鲷资源量急剧下降,1982 年的资源量仅为 1959 年的 7.61%,1982 年以后的调查均未捕获半滑舌鲷(图 4D)。

### 2.5.5 花鲈

5月:1959~1982 年,花鲈资源量急剧上升,1982 年 CPUE 和资源量分别为 5.26 kg/h 和 6 426.32 t,资源量为 1959 年的 299.44%,其后资源量下降,1993 年资源量稍低于 1982 年的水平,但在随后的调查中未捕获花鲈,2010 年,花鲈资源量有所恢复,达到 287.73t。

8月:1959年和1982年资源量保持相对稳定,此后,资源量急剧上升,1992年达到6 117.22 t,但在1998年的调查中未捕获花鲈,2010年其资源量有所恢复,为118.01 t(图4E)。

#### 2.5.6 许氏平鲈 *Sebastes schlegeli*

5月:1959~1982年,许氏平鲈资源量上升,1982年为100.64 t,此后下降,到2004年资源量有小幅度上升,此后又处于下降趋势,2010年其资源量不足1.22 t;

8月:1959~1998年,其资源量急剧下降,1998年后有小幅度回升,其资源量为5.65t(图4F)。

#### 2.5.7 东方鲀类

5月:以1959年的资源量和CPUE最高,分别为2 367.32t和1.94 kg/h,1993年资源量为37.89 t,其他时间调查均未捕获东方鲀类。

8月:1959~2010年,其资源量处于下降趋势,1998年的资源量仅为1959年的16.62%和1982年的26.72%,1998年以后的调查中均未捕获东方鲀类(图4G)。

#### 2.5.8 黄盖鲽 *Pseudopleuronectes yokohamae*

5月:1959~1982年,黄盖鲽资源量急剧上升,1982年为1 089.61t,为1959年的183.95%,此后急剧下降,1993年仅为15.21 t,1998年和2004年的调查中均未捕获黄盖鲽,2010年的调查中有少量个体出现,资源量不足1 t。

8月:1959~1982年,资源量上升,其后资源量一直下降,1998年以后的调查中均未捕获黄盖鲽(图4H)。

### 3 讨论

#### 3.1 渤海鱼类群落结构演替及其资源动态

渤海调查中捕获鱼类以1982年种类最多,1982年以后鱼类种类一直处于降低趋势(除2010年8月鱼类种类数有所升高外),并且鱼类优势种更替明显,个体大、营养层次高的带鱼、半滑舌鳎等优质底层鱼类优势种逐渐被黄鲫、鳀、赤鼻棱鳀等个体小、营养层次低的小型中上层鱼类所替代,并且小型鱼类优势种也在不断的更替中,渔获物中优质种类减少,劣质种类增加。其中1959年优势种以带鱼和小黄鱼优质经济鱼类为主,特别是5月,二者合计占总渔获量的85.10%(包括虾蟹类和头足类的资源量),1982年优势种转变为以黄鲫、鳀、赤鼻棱鳀等小型中上层种类为主,1982年黄鲫和鳀的渔获量占总渔获量的88.60%,虽然小黄鱼在调查中也占有一定的比重,但已不是绝对优势种(Tang 1993;Jin 1996;金显仕 2001;李显森等 2008),本次调查中鰕虎鱼类无论是5月还是8月开始占主要成分,并且花鲈(5月)、银鲳(8月)在渔获量中也占有较高的比重。鱼类群落的这种演替与过度捕捞、种间竞争、水域环境污染有直接的关系,由于渤海渔业种类大多来自黄海,目前小型种类在黄海鱼类群落中占据优势的这种变动也直接影响到渤海渔业资源的组成和变动(金显仕等 1998;邓景耀等 2001;崔毅等 2003;Ning *et al.* 2010)。另外,研究发现,虽然年代间鱼类优势种更替频繁,而黄鲫从1980年代后在渤海鱼类资源中始终保持其优势地位,这种变化是由于其主要捕食者如鳎、花鲈、鲆、许氏平鲈等资源量减少引起,还是外界压力胁迫下其特殊的生活史策略引起?相关研究仅见于郭斌等(2011)关于黄鲫与其他种类食物竞争的报道。因此,黄鲫目前在渤海渔业生态系统中的作用及其是否已成为渤海能流的关键种尚需进一步研究。

鱼类资源密集区20世纪80年代主要分布在莱州湾,而20世纪90年代主要分布在秦皇岛外海和辽东湾(金显仕等 1998;Jin 2004),2010年主要分布在莱州湾和渤海湾,渤海中部也有一定的鱼类资源分布,但是辽东湾鱼类资源相对较少,这种变化可能与近年来在辽东湾的大规模海蜇放流有关,海蜇与鱼类资源呈交错分布在2010年8月的调查中充分体现,并且在其他水域也有研究证实(Xian *et al.* 2005;周永东等 2004;单秀娟等 2011)。不仅鱼类资源密集区分布发生了变化,鱼类资源量也急剧降低,5月鱼类的CPUE由1959年的186kg/h下降至目前不足1kg/h(金显仕等 1998;金显仕 2001),这与主要经济种类资源衰退有直接关系,目前渤海主要渔业种类呈现出低龄化和小型化趋势(金显仕 2001;Jin 2004)。渤海生态系统中饵料生物优势种的更替,也证实是鱼类种类更替和资源量变动的一个重要原因,并且导致鱼类生态位宽度的变化(Jin



*et al.* 2010;张波等 2012)。水域环境恶化导致鱼类繁殖群体繁殖力和幼体存活率及种群增长率下降,也会影响渔业资源补充(崔毅等 2003;Cao *et al.* 2009;Huang *et al.* 2010;Xu *et al.* 2011)。另外,河流截流、人工改道黄河入海口等人类活动严重影响了渤海主要经济渔业种类到达栖息地的可能性,使得渤海莱州湾和黄河口水域的小黄鱼、带鱼和中国对虾产卵场严重衰退,进而对渤海的渔业资源造成严重影响(吴凯等 1998;唐启升等 2002)。

采用 *BHI* 指数分析渤海鱼类群落的健康度发现,5月和8月渤海调查鱼类群落健康度均低于对照基数 10。由此可见,渤海鱼类群落处于相对不稳定状态,并且8月渤海鱼类群落健康指数要高于对应年代5月的鱼类群落健康指数,这在其生物量和种类组成上也有所体现(表1、表2、图5)。其中,1959年5月最低,仅为-5.56,带鱼和小黄鱼在渔获量中占绝对优势,在鱼类群落也占据了主要生态位,但捕获鱼类种类相对较少(这可能与调查网具的差异有一定关系),鱼类多样性相对较低,导致鱼类群落健康度指数较低;虽然1982年5月黄鲫和鳀也在渔获量中占绝对优势,但相对多的鱼类种类又维持了鱼类群落较高的多样性,使得其鱼类群落健康度指数相对较高。*BHI* 指数的变化从侧面证实了鱼类群落的健康度不仅与生物量有关,而且与鱼类群落的结构有关,在一定程度上反映了鱼类群落的稳定性,这在渤海莱州湾水域鱼类群落健康度评价中得到了较好的体现(内部整理资料)。

### 3.2 渤海主要放流种类资源量变化

5月调查中渤海主要增殖放流鱼类真鲷、半滑舌鳎和东方鲀类资源量从1959~1982年急剧下降,其后这些鱼类资源量一直处于下降趋势。褐牙鲂、梭鱼、花鲈、许氏平鲈和黄盖鲈从1959~1982年资源量迅速上升,但1982年以后的调查均未捕获褐牙鲂、梭鱼。8月渤海调查中主要增殖放流鱼类梭鱼、半滑舌鳎、东方鲀类资源量从1959~1982年急剧下降;褐牙

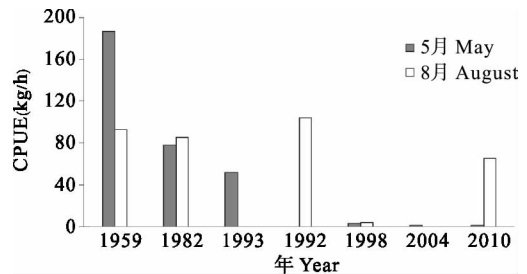


图5 渤海鱼类 CPUE 的变化

Fig. 5 Variations of fish CPUE in the Bohai Sea

鲂、真鲷、黄盖鲈从1959~1982年资源量急剧上升,1992年以后,其资源量迅速下降;许氏平鲈和花鲈资源量从1959~1982年保持相对稳定,1992年有大幅度上升,其后迅速下降,2010年资源量有小幅度回升。因此,从20世纪80年代开展渤海增殖放流至今的鱼类资源量变化看,仅有花鲈和许氏平鲈的资源量近年来有小幅度回升,其他增殖放流鱼类的资源量从20世纪80年代开始一直处于下降趋势。梭鱼、半滑舌鳎和东方鲀类在最近的调查中均未捕获,其他种类的资源量也均在10t以下。花鲈在2010年的调查中 CPUE 较高的区域主要分布在渤海湾口和莱州湾东部沿岸水域,许氏平鲈 CPUE 较高的区域主要分布在环山东半岛、辽东半岛沿岸水域,两种鱼类8月资源密集区以沿岸分布尤为明显,这可能与近年来在渤海沿岸的增殖放流有关。目前,虽然上述种类在渤海均已开展规模相对较大的放流,部分增殖放流的鱼类资源量近年来有一定程度的恢复,但从渤海鱼类群落结构的演替过程来看,渤海鱼类群落依旧是小型经济价值较低的种类控制其能流结构,增殖放流鱼类在鱼类群落结构中均未占据优势地位(除2010年5月花鲈为重要鱼种)。渤海作为我国的内海是一个天然的大水面“牧场”,是鱼虾类放流增殖的优良海湾,上述渤海增殖放流的主要鱼类在苗种、环境适应等方面均不存在问题,并且除花鲈外,其他各增殖放流种类资源量均不足历史最高资源量的1%,资源量恢复尚有很大的空间,增殖潜力很大。研究也证实,渤海各增殖放流鱼类与其他主要鱼类不存在明显的食物竞争,并且主要增殖放流鱼类的饵料生物在渤海的资源量相对较高(邓景耀等 1986;杨纪明 2001;张波等 2012),即增殖放流鱼类与其他鱼类不存在显著的生态位竞争。因此,以后在各增殖放流种类生态容纳量科学评估的基础上,以“负责任渔业增殖”为前提,本着“资源修复和保护”的目的,加大增殖放流力度。另外,加强渔业管理,避免过度捕捞也是保证渤海主要经济鱼类资源修复效果的一个重要方面。

**致谢:** 黄海水产研究所资源室的同事在样品野外采集和室内生物学测定等方面做了大量工作,在此特表谢忱。



## 参 考 文 献

- 万瑞景,姜言伟. 1998. 黄海硬骨鱼类鱼卵、仔稚鱼及其生态调查研究. 海洋水产研究, 19(1):60~73
- 王爱勇,万瑞景,金显仕. 2010. 渤海莱州湾春季鱼卵、仔稚鱼生物多样性的年代际变化. 渔业科学进展, 31(1):19~24
- 邓景耀,孟田湘,任胜民. 1986. 渤海鱼类食物关系的初步研究. 生态学报, 6(4): 356~364
- 邓景耀,金显仕. 2000. 莱州湾及黄河口水域渔业生物多样性及保护研究. 动物学研究, 21(1):76~82
- 朱鑫华,杨纪明,唐启升. 1996. 渤海鱼类群落结构特征的研究. 海洋与湖沼, 27(1):6~13
- 李显森,牛明香,戴芳群. 2008. 渤海渔业生物生殖群体结构及其分布特征. 海洋水产研究, 29(4):15~21
- 吴凯,谢贤群,刘恩民. 1998. 黄河断流概况、变化规律及其预测. 地理研究, 17(2):125~129
- 杨纪明. 2001. 渤海鱼类的食性和营养级研究. 现代渔业信息, 16(10):10~19
- 张波,李忠义,金显仕. 2012. 渤海鱼类群落功能群及其主要种类. 水产学报, 36(1):64~72
- 张波,唐启升. 2004. 渤、黄、东海高营养层次重要生物资源种类的营养级研究. 海洋科学进展, 22(4):393~404
- 金显仕,唐启升. 1998. 渤海渔业资源结构、数量分布及其变化. 中国水产科学, 5(3):18~24
- 金显仕. 2001. 渤海主要渔业生物资源变动的研究. 中国水产科学, 7(4): 22~26
- 金显仕,赵宪勇,孟田湘,崔毅. 2005. 黄、渤海生物资源与栖息环境. 北京:科学出版社
- 单秀娟,庄志猛,金显仕,戴芳群. 2011. 长江口及其邻近水域大型水母资源量动态变化对渔业资源结构的影响. 应用生态学报, 22(12):3 321~3 328
- 周永东,刘子藩,薄治礼,薛利建. 2004. 东、黄海大型水母及其调查监测. 水产科技情报, 31(5):224~227
- 唐启升,苏纪兰. 2002. 中国海洋生态系统动力学 II: 渤海生态系统动力学过程. 北京:科学出版社
- 郭斌,张波,戴芳群,金显仕. 2011. 海州湾小黄花鱼和黄鲫幼鱼的食物竞争. 渔业科学进展, 32(1): 8~15
- 崔毅,马绍赛,李云平,邢红艳,王梅胜,辛福言,陈聚法,孙耀. 2003. 莱州湾污染及其对渔业资源的影响. 海洋水产研究, 24(1):35~41
- Cao, L., Huang, W., and Shan, X. J. 2009. Cadmium toxicity to embryonic-larval development and survival in red sea bream *Pagrus major*. *Ecotoxic. Environ. Safe.* 72(7): 1 966~1 974
- Cooper, J. A. G., Ramm, A. E. L., and Harrison, T. D. 1994. The estuarine health index: a new approach to scientific information transfer. *Ocean Coast Management*, 25(2): 103~141
- Huang, W., Cao, L., and Shan, X. J. 2010. Toxic effects of zinc on the development, growth, and survival of red sea bream *Pagrus major* embryos and larvae. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 58: 140~150
- Jin, X. S. 1996. Variations in fish community structure and ecology of major species in the Yellow/Bohai Sea. Ph. D. Thesis. University of Bergen, Norway
- Jin, X. S. 2004. Long-term changes in fish community structure in the Bohai Sea, China. *Estu. Coast. Shelf Sci.* 59(1): 163~171
- Jin, X. S., Zhang, B., and Xue, Y. 2010. The response of the diets of four carnivorous fishes to variations in the Yellow Sea ecosystem. *Deep Sea Res. II*, 57(11-12): 996~1 000
- Ning, X. R., Lin, C. L., Su, J. L., Liu, C. G., Hao, Q., Le, F. F., and Tang, Q. S. 2010. Long-term environmental changes and the responses of the ecosystems in the Bohai Sea during 1960-1996. *Deep-Sea Res. II*, 57(11-12): 1 079~1 091
- Pianka, E. R. 1971. Ecology of the Agamid lizard *amphibolus isolepis* in Western Austria. *Copeia*, 527~536
- Tang, Q. S. 1993. The effect of long-term physical and biological perturbations of the Yellow Sea ecosystem. In *Large Marine Ecosystem: Stress Mitigation, and Sustainability*, Ed. by Sherman, K., Alexander, L. M., and Gold, B. O. AAAS Press, Washington, DC. USA, 79~93
- Xu, S. S., Song, J. M., Yuan, H. M., Li, X. G., Li, N., Duan, L. Q., and Yu, Y. 2011. Petroleum hydrocarbons and their effects on fishery species in the Bohai Sea, North China. *J. Environ. Sci.* 23(4): 553~559
- Xian, W. W., Kang, B., and Liu, R. Y. 2005. Jellyfish Blooms in the Yangtze Estuary. *Science*, 307(5 706): 41
- Zhang, B., Tang, Q. S., and Jin, X. S. 2007. Decadal-scale variations of trophic levels at high trophic levels in the Yellow Sea and the Bohai Sea ecosystem. *J. Mar. Sys.* 67(3-4): 304~311