

## 唐山湾海域渔业资源群落多样性分析

杜 肖<sup>1</sup>, 韩志强<sup>1</sup>, 王依昕<sup>1</sup>, 徐 衡<sup>2</sup>, 郑 伟<sup>1</sup>,  
王凤丽<sup>1</sup>, 胡成业<sup>1</sup>, 李 良<sup>1</sup>, 水柏年<sup>1\*</sup>

(1. 浙江海洋学院水产学院, 浙江 舟山 316000;

2. 乐清市水产科学研究所, 浙江 乐清 325600)

**摘要:** 基于 2012 年 5、8 和 10 月对唐山湾海域进行底拖网渔业资源调查的资料, 采用相对重要性指数、多样性指数及群落 ABC 曲线等分析方法, 对 3 个季节渔业资源现状及群落多样性进行研究。结果显示: 渔获物中共有海洋动物 59 种, 其中鱼类 27 种, 甲壳类 17 种, 贝类 7 种, 棘皮动物 4 种, 头足类 3 种, 多毛类 1 种; 春季捕获 35 种渔获物, 夏季 36 种, 秋季 37 种; 春季平均渔获率(质量)为 3.50 kg/h, 夏季为 13.68 kg/h, 秋季为 16.99 kg/h。研究表明: (1) 渔获率及其组成季节差异明显。在生物量上, 春季以头足类为主, 鱼类与甲壳类次之; 夏季甲壳类为主, 鱼类次之; 秋季鱼类为主, 甲壳类次之。(2) 渔获率空间分布季节变化明显, 春季浅水区较深水区渔获率高, 夏季深水区较浅水区高。(3) 优势种季节变化不明显。(4) 春季  $H'$  高于夏、秋季, 深水区总体高于近岸浅水区。(5) ABC 曲线分析可知, 群落受到严重干扰。

**关键词:** 渔业资源; 生物多样性; 种类组成; 唐山湾

**中图分类号:** S 931

**文献标志码:** A

唐山湾位于渤海湾北部, 渔业资源丰富, 有滦河口渔场、大清河渔场、老米沟渔场和南堡渔场等诸多渔场。有关渤海及唐山湾的渔业资源有一些研究<sup>[1-6]</sup>, 金显仕等<sup>[1-2]</sup>研究得出, 在 20 世纪 50 年代末到 90 年代末, 渤海渔业资源生物量呈现显著降低的趋势。唐山湾附近海域渔业资源也同渤海渔业资源一样呈现明显衰退趋势, 50 年代初期, 生产工具落后, 海域基本无污染, 渔业资源稳定。70 年代, 由于船只和网具进步, 捕捞能力大大提高, 加上河口建闸和工业污染, 渔业资源衰退, 导致带鱼 (*Trichiurus lepturus*)、鲷 (*Ilisha elongata*) 和黄姑鱼 (*Nibea albiflora*) 等传统种类渔场基本消失<sup>[5]</sup>。1988 年河北省海岸带调查<sup>[6]</sup>表明渔业资源中重要经济种类资源已经出现严重衰退, 优势种变为黄鲫 (*Setipinna gilberti*)、鲢 (*Engraulis japonicus*)、棘头梅童鱼 (*Collichthys lucidus*) 和鲈 (*Lateolabrax japonicus*) 等, 营养级总

体降低。据唐山乐亭海洋渔业生产统计可知<sup>[5]</sup>, 进入 21 世纪后渔业资源进一步衰退, 主捕对象从原有的小黄鱼 (*Pseudosciaena polyactis*)、带鱼、鲷等经济鱼类变成了毛虾 (*Acetes chinensis*)、口虾蛄 (*Oratosquilla oratoria*)、黄鲫等生命周期短、营养级较低的甲壳类和小型中上层鱼类。陈灵芝<sup>[7]</sup>研究指出: 海洋污染加剧, 港口开发建设力度加大加快, 以及掠夺式渔业资源开发利用, 渔业生物群落结构和多样性发生变化是必然趋势。唐山湾海域周边城市工业发达, 港口众多, 海洋环境和生物群落受干扰较多, 变化较大。但是, 20 多年来, 尚未见有关该海域渔业资源系统的调查、研究及其报道。因此, 在该海域进行渔业资源调查对该海域海洋生态的修复和海洋经济的可持续发展具有重要意义。本实验基于 2012 年 5、8 和 10 月在该海域进行渔业资源调查的资料, 分析了其种类组成、渔获率分布、群落生物多样性和 ABC

收稿日期: 2013-11-15

修回日期: 2014-02-20

资助项目: 国家自然科学基金(41006075); 浙江省重中之重学科(090801); 唐山湾国际旅游岛管委会资助项目“唐山湾游钓规划海域海洋生物资源调查”

通信作者: 水柏年, E-mail: shuibonian@163.com

曲线等特征,对渔业资源与生态特征的变化趋势进行探讨与评价,试图为今后唐山湾的渔业资源的保护、海洋生态修复、海洋牧场建设和生态资源的合理开发利用,以及海洋经济的可持续发展提供科学决策依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

数据取自 2012 年春、夏和秋季租用“冀乐休渔 003”渔船在唐山湾附近海域(38°45'~39°8', 118°44'~119°10')进行渔业资源调查所得资料。调查船为 31.6 kW 的拖网渔船,调查网具为底拖网,网口尺寸宽 12 m,囊网网目尺寸 20 mm。每个站位拖网 1 h,拖速为 2 kn。

### 1.2 方法

调查采样及分析均严格按《海洋调查规范》<sup>[8]</sup>有关要求。根据避开航道、锚泊区、油井等区域原则,以及水深、海底地形、海洋牧场建设要求等因素,共设置 14 个拖网站位(图 1)。对所得的渔获物样品进行全部取样,装入样品袋,将样品袋编号登记渔捞记录中,放在船舱里低温冰鲜保存。样品鉴定分析在实验室内进行,称量使用电子天平,精度为 0.1 g。

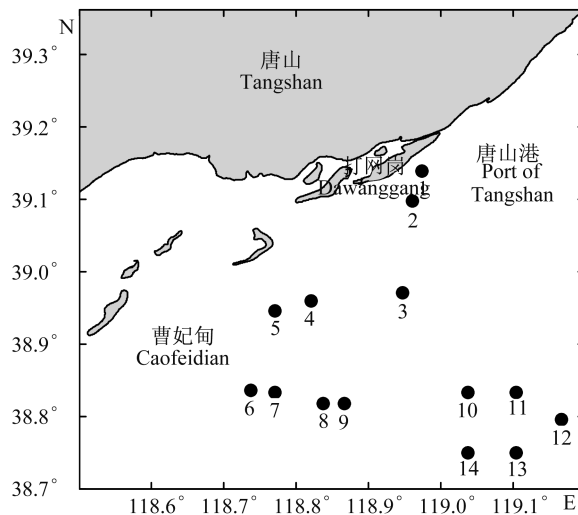


图 1 唐山湾渔业资源调查站位图

Fig. 1 The survey stations of fishery resources in Tangshan Bay

数据利用 Microsoft Excel 2003 和 Primer 5.0 进行处理,站位图与渔获率分布图利用 Surfer11 绘制。生物多样性指数、均匀度指数、丰富度指数

及相对重要性指数计算公式如下:

(1) Shannon-Wiener 多样性指数 ( $H'$ )<sup>[9]</sup>:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i ;$$

(2) 均匀度指数 ( $J$ )<sup>[10]</sup>:  $J = H' / \log_2 S$ ;

(3) 丰富度指数 ( $D$ )<sup>[11]</sup>:  $D = (S - 1) / \log_2 N$ ;

(4) 相对重要性指数 ( $IRI$ )<sup>[12]</sup>:  $IRI = (P_i + W_i) \times F_i$ 。

式(1)~(4)中, $S$ 为种类总数; $P_i$ 为第  $i$  种物种个体数与总个体数( $N$ )的比值; $W_i$ 为第  $i$  种物种质量与样品总质量比值; $F_i$ 为第  $i$  种物种在各站位出现的频率。参照贾兴焕等<sup>[13]</sup>、李建生等<sup>[14]</sup>在渔业生物群落研究中优势种判别标准,选  $IRI \geq 0.10$  为优势种,  $0.01 \leq IRI < 0.10$  为常见种。从整个渔业资源群落(全部渔获物)和鱼类群落不同层面计算了物种的相对重要性指数。

(5) ABC 曲线法

数量生物量比较曲线(abundance biomass comparison curve,简称 ABC 曲线)方法是 Warwick 在 1986 年提出的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分析群落不同干扰状况下的特征<sup>[15-16]</sup>。

## 2 结果

### 2.1 种类组成

3 个季度渔获物共有 59 种,隶属于 2 纲、20 目、39 科、48 属,以鱼类和甲壳类为主;其中,鱼类 27 种,甲壳类 17 种,贝类 7 种,棘皮动物 4 种,头足类 3 种,多毛类 1 种(表 1)。有 2 个未定种,分别隶属寄居蟹属和泥蟹属。

春季渔获物种类组成与夏、秋两季差异显著,而夏季与秋季渔获物种类组成仅鱼类略有变化。春季渔获物共有 35 种,其中,多毛类仅 1 种,贝类 6 种,头足类 3 种,棘皮动物类 4 种,甲壳类 10 种,鱼类 11 种。夏季渔获物共有 36 种,有棘皮动物 1 种,贝类 2 种,头足类 3 种,甲壳类 13 种,鱼类 17 种。秋季渔获物共有 37 种,有贝类 3 种,头足类 3 种,棘皮动物 4 种,甲壳类 12 种,鱼类 15 种。

3 季度调查平均渔获率(质量)为 11.39 kg/h,以鱼类和甲壳类为主,鱼类占 33.04%,甲壳类占 29.53%,头足类占 21.74%,棘皮动物占 8.62%,螺类占 7.07%,多毛类占 0.01%。平均渔获率

(尾数)为 1 701.02 尾/h,以鱼类为主,占 39.85%;头足类次之,占 27.91%;甲壳类占 26.85%,棘皮动物占 2.69%,贝类占 2.56%,多

毛类占 0.14%。3 个季节中,秋季渔获率最高,春季渔获率最低,渔获率及其组成差异显著(图 2,图 3)。

表 1 唐山湾春、夏、秋 3 季渔获种类名录  
Tab.1 The species list of the catch in spring, summer and autumn in Tangshan Bay

种名 species	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	种名 species	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn
刀鲚 <i>Coilia ectenes</i>	▲			圆腹褐虾 <i>Crangon cassiope</i>		▲	▲
斑鲈 <i>Clupanodon punctatus</i>		▲		脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	▲		
赤鼻棱鳀 <i>Thrissa kammalensis</i>		▲		葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	▲	▲	▲
黄鲫 <i>Setipinna gilberti</i>		▲	▲	中国明对虾 <i>Fenneropenaeus chinensis</i>		▲	▲
日本鳀 <i>Engraulis japonicus</i>		▲	▲	日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	▲	▲	▲
大银鱼 <i>Protosalanx chinensis</i>	▲			鲜明鼓虾 <i>Alpheus brevicristatus</i>		▲	▲
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>		▲		水母虾 <i>Latreutes anoplonyx</i>		▲	▲
小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i>		▲	▲	鞭腕虾属 <i>Lysmata vittata</i>	▲		
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>			▲	口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	▲	▲	▲
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>		▲	▲	日本关公蟹 <i>Dorippe japonica</i>	▲	▲	▲
方氏云鳚 <i>Enedrias fangi</i>	▲	▲		颗粒关公蟹 <i>Dorippe granulata</i>		▲	
鲱鲚 <i>Callionymus beniteguri</i>		▲		颗粒拟关公蟹 <i>Paradorippe granulata</i>		▲	
鲚 <i>Callionymus richardsoni</i> Bleeker	▲	▲	▲	日本蛄 <i>Charybdis japonica</i>	▲	▲	▲
矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	▲	▲	▲	三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>		▲	▲
矛尾复鰕虎鱼 <i>Symeohogobius hasta</i>		▲		寄居蟹属 <i>Pagurus ochotensis</i>	▲		▲
矛尾刺鰕虎鱼 <i>Acanthogobius hasta</i>	▲		▲	泥蟹属 <i>Ilyoplax</i> sp.	▲	▲	▲
六丝矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	▲	▲	▲	狭额绒螯蟹 <i>Neoeriocheir leptognathus</i>	▲		
钟馗鰕虎鱼 <i>Tridentiger barbatus</i>			▲	扁玉螺 <i>Neverita didyma</i>	▲	▲	▲
丝鰕虎鱼 <i>Crypiocentrus filifer</i>			▲	拟紫口玉螺 <i>Cryptonatica andoi</i>	▲		
栉孔鰕虎鱼 <i>Ctenotrypauchen chinensis</i>			▲	脉红螺 <i>Rapana venosa</i>	▲	▲	▲
黑鲷 <i>Sebastes fuscescens</i>	▲	▲	▲	白龙骨乐飞螺 <i>Lophiotoma leucotropis</i>	▲		
六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	▲			口马丽口螺 <i>Calliostoma Koma</i>	▲		
长吻红舌鲷 <i>Cynoglossus lighti</i>	▲	▲	▲	魁蚶 <i>Scapharca broughtoni</i>	▲		
海龙 <i>Syngnathus acus</i> Linnaeus	▲			贻贝 <i>Mytilus edulis</i>			▲
褐牙鲆 <i>Paralichthys olivaceus</i>		▲		镶边海星 <i>Craspidaster hesperus</i>	▲		▲
假睛东方鲀 <i>Fugu niphobles</i>		▲		罗氏海盘车 <i>Asterias rollestoni</i>	▲		▲
鲷 <i>Platycephalus indicus</i>			▲	马粪海胆 <i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	▲	▲	▲
日本枪乌贼 <i>Loligo edulis</i>	▲	▲	▲	海棒槌 <i>Paracaudina chilensis</i>	▲		▲
短蛸 <i>Octopus fangsiao</i>	▲	▲	▲	长吻沙蚕 <i>Glycera chirori</i>	▲		
长蛸 <i>Octopus cf. minor</i>	▲	▲	▲				

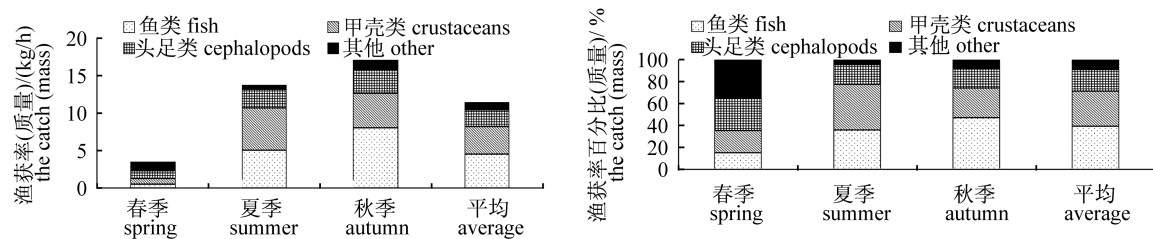


图 2 唐山湾渔获率(质量)组成季节变化

Fig.2 The seasonal variation of the catch rate(mass) in Tangshan Bay

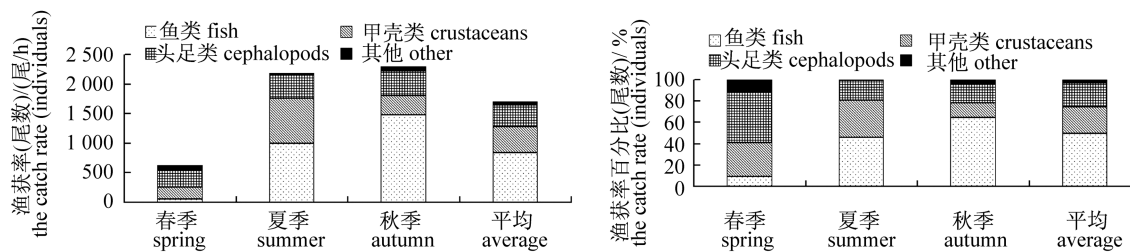


图3 唐山湾渔获率(尾数)组成季节变化

Fig. 3 The seasonal variation of the catch rate (individuals) in Tangshan Bay

春季平均渔获率(质量)为 3.50 kg/h,以头足类为主,占 29.25%,其中枪形目约占头足类的 97.19%;螺类次之,占 23.24%;甲壳类占 20.32%,其中十足目和口足目的渔获比例相差不大;鱼类占 15.37%,棘皮动物占 11.80%,多毛类占 0.03%。平均渔获率(尾数)为 625.99 个/h,以头足类为主,占 47.10%;甲壳类次之,占 31.63%;鱼类仅占 9.27%,棘皮动物占 4.45%,螺类占 7.12%,多毛类占 0.41%。鱼类中鲈形目最多,占鱼类总渔获率的 80.85%,其次为鲹形目,占 18.96%。

夏季平均渔获率(质量)为 13.68 kg/h,以甲壳类为主,占 41.32%,其中口足目最多,占甲壳类的 71.42%;鱼类次之,占 36.45%,其中鲈形目最多,占 90.51%,其后依次为鲹形目和鲱形目,依次占鱼类总渔获率的 4.55%和 3.65%,鲑形目所占比例最小;头足类占 17.84%,棘皮动物占 2.19%,螺类占 2.19%。平均渔获率(尾数)为 2 182.01 个/h,鱼类最多,占 45.79%;甲壳类次之,占 34.93%;头足类占 18.52%,棘皮动物占 0.57%,贝类占 0.18%。

秋季平均渔获率(质量)为 16.99 kg/h,以鱼类为主,占 47.29%,其中鲈形目最多,约占鱼类总渔获率的 78.54%,其后依次为鲱形目和鲹形目,依次占 11.75%和 8.67%,鲑形目所占比例最小,占鱼类总渔获的 1.04%;甲壳类次之,占 26.94%,其中口足目和十足目比例相差不大;头足类,占 18.12%;棘皮动物占 7.21%,螺类仅占 0.44%。平均渔获率(尾数)为 2 295.05 个/h,鱼类最多,占 64.49%;头足类次之,占 18.10%;甲壳类占 13.99%,棘皮动物占 3.05%,贝类仅占 0.37%。

## 2.2 渔业资源时空分布特征

渔获率季节变化明显,秋季最高(16.99 kg/h),夏季次之(13.68 kg/h),春季最低(3.50 kg/h),平均渔获率为 11.39 kg/h。渔获率季节变化和空间分布差异明显,春季近岸浅水区渔获率高,夏季

深水区较高,秋季较均匀。不同季节渔获率时空分布如图 4 所示。

春季,各调查站位的渔获率分布范围为 0.25 ~ 10.57 kg/h,高低相差约 41 倍,平均为 3.50 kg/h。最高渔获率为 10.57 kg/h,在 1 号站位;最低渔获率为 0.25 kg/h,在 6 号站位。渔获率总体较低,仅 1 和 3 号站位渔获率为 5 ~ 15 kg/h,64% 的站位为 1 ~ 5 kg/h,6、7 和 8 号站位小于 1 kg/h。

夏季,各调查站位的渔获率分布范围为 0.72 ~ 38.19 kg/h,高低相差 52 倍,平均为 13.68 kg/h。最高渔获率为 38.19 kg/h,在 12 号站位;最低渔获率为 0.72 kg/h,在 4 号站位。较春季调查相比,渔获率有较大提高,仅 4 号站位渔获率小于 1 kg/h,而 29% 的站位渔获率为 5 ~ 15 kg/h,43% 的站位渔获率为 15 ~ 50 kg/h。

秋季,各调查站位的渔获率分布范围为 0.64 ~ 45.74 kg/h,高低相差约 70 倍,平均为 16.99 kg/h。最高渔获率为 45.74 kg/h,在 7 号站位;最低渔获率为 0.64 kg/h,在 3 号站位。渔获率较夏季高,除 3 号渔获率小于 1 kg/h,12 和 13 号站位渔获率为 1 ~ 5 kg/h,其余 36% 的站位为 5 ~ 15 kg/h,43% 的站位为 15 ~ 50 kg/h。

3 个季节的平均渔获率,各站位渔获率分布范围为 4.48 ~ 22.43 kg/h,高低相差 4 倍,平均渔获率为 11.39 kg/h。最高渔获率为 22.43 kg/h,在 7 号站位;最低渔获率为 4.48 kg/h,在 2 号站位。各站位渔获率总体相差不大,且普遍不高,79% 的站位为 5 ~ 15 kg/h。

## 2.3 生物多样性

春季各站位生物多样性指数  $H'$  为 1.54 ~ 3.72,平均为 2.78;均匀度指数  $J$  为 0.38 ~ 0.95,平均为 0.81;丰富度指数  $D$  为 0.94 ~ 3.03,平均为 1.72。夏季各站位  $H'$  为 1.89 ~ 3.17,平均为 2.58; $J$  为 0.40 ~ 0.83,平均为 0.66; $D$  为 0.60 ~

1.88, 平均为 1.50。秋季各站位  $H'$  为 1.58 ~ 3.05, 平均为 2.18;  $J$  为 0.48 ~ 0.80, 平均为 0.63;  $D$  为 0.42 ~ 1.75, 平均为 0.99。除个别站位外, 春季各站位生物多样性普遍高于夏季, 而夏

季高于秋季; 近岸浅水区均低于离岸较远的深水区。春、夏、秋 3 季调查的站位中,  $H' \leq 3$  的站位数依次占总站位数的 71.4%、78.6% 和 92.9%, 生物多样性指数总体不高(表 2)。

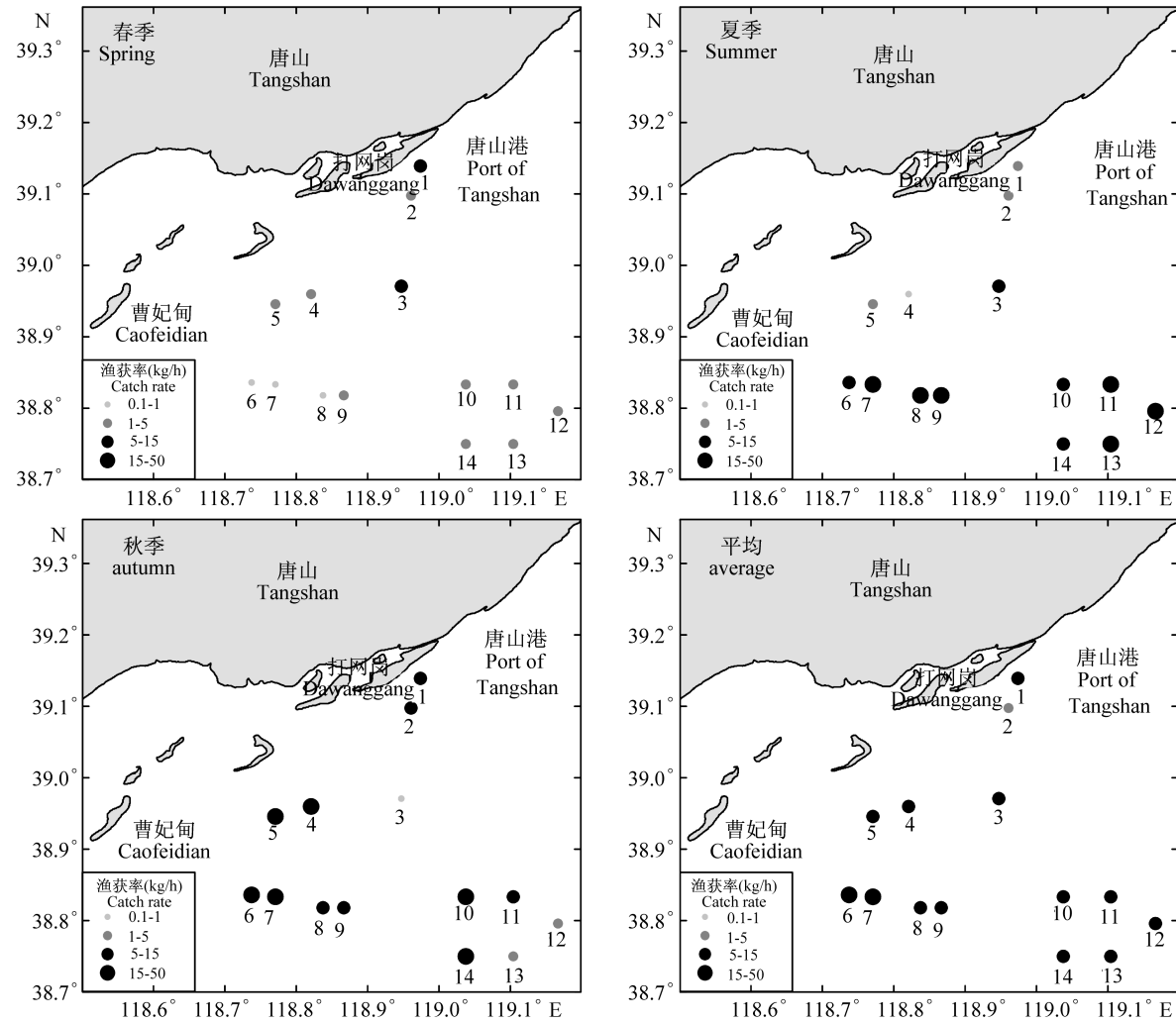


图 4 唐山湾渔获率时空分布

Fig. 4 The temporal and spatial distribution of catch rates in Tangshan Bay

表 2 唐山湾各站位 3 季节的生物多样性

Tab. 2 The seasonal variation in the diversity indexes of different stations in Tangshan Bay

站位 station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	平均 average	
春季 spring	$H'$	1.54	2.30	3.72	2.10	2.84	2.56	3.14	3.02	2.97	2.89	3.16	3.04	2.92	2.68	2.78
	$J$	0.38	0.64	0.81	0.91	0.79	0.81	0.88	0.95	0.94	0.83	0.91	0.88	0.84	0.77	0.81
	$D$	1.46	1.32	3.03	0.94	1.42	1.60	2.01	1.92	1.72	1.75	1.69	1.78	1.73	1.71	1.72
夏季 summer	$H'$	2.95	2.15	2.19	2.21	2.75	2.92	3.04	2.41	1.89	3.11	2.78	3.17	2.45	2.13	2.58
	$J$	0.66	0.49	0.83	0.51	0.40	0.87	0.63	0.60	0.55	0.76	0.71	0.78	0.48	0.55	0.63
	$D$	1.88	0.80	1.32	1.70	1.50	0.60	1.81	1.37	1.76	1.47	1.87	1.84	1.78	1.27	1.50
秋季 autumn	$H'$	2.69	1.65	1.58	1.66	1.59	2.33	2.31	2.96	2.98	3.05	1.83	1.68	1.85	2.33	2.18
	$J$	0.62	0.64	0.61	0.50	0.48	0.61	0.61	0.66	0.67	0.75	0.53	0.72	0.80	0.57	0.63
	$D$	1.71	0.43	0.57	0.81	0.81	0.95	0.95	1.75	1.74	1.16	0.87	0.42	0.43	1.26	0.99

## 2.4 优势种

春季、夏季和秋季的优势种均有 3 种(表 3), 主要为甲壳类、头足类和小型底栖性鱼类, 优势种组成季节差异不大。春季常见种有 11 种, 为扁玉螺、马粪海胆、罗氏海盘车、鞭腕虾、脉红螺、镶边海星、日本鼓虾、长吻红舌鳎、六丝矛尾鰕虎鱼、葛氏长臂虾、鲱鲂。夏季常见种 10 种, 为葛氏长臂虾、三疣梭子蟹、六丝矛尾鰕虎鱼、小黄鱼、马粪海胆、脉红螺、叫姑鱼、长吻红舌鳎、葛氏长臂虾、黄鲫。秋季常见种 12 种, 为短蛸、长吻红舌鳎、葛氏长臂虾、黄鲫、马粪海胆、三疣梭子蟹、日本鰕、罗氏海盘车、镶边海星、泥蟹、日本鼓虾、鲜明鼓虾。

单以鱼类群落分析, 春季和夏季优势种各有 3 种, 秋季优势种 2 种(表 4)。春季常见种 5 种, 依次为方氏云鳎、矛尾鰕虎鱼、黑鲷、矛尾刺鰕虎

鱼、大银鱼; 夏季常见种 3 种, 依次为叫姑鱼、长吻红舌鳎、黄鲫; 秋季常见种 4 种, 依次为长吻红舌鳎、黄鲫、日本鰕、鲱。

## 2.5 ABC 曲线

3 个季节丰度曲线位于生物量曲线之上, 并且生物量和丰度曲线起点都比较低。根据 ABC 曲线计算的  $W$  统计值均小于 0, 且  $-0.043 \leq W \leq -0.097$ , 春季最低, 夏季最高。春季生物量优势度曲线较低, 与丰度优势度曲线相差较大, 表明春季物种平均体型较夏、秋季小。夏季生物量优势度曲线起点较高, 并与丰度优势度曲线起点重合, 表明相对春季和秋季而言, 夏季物种平均体型较大。秋季生物量优势度曲线略低于丰度优势度曲线, 但明显高于春季(图 5)。

表 3 唐山湾不同季节优势种相对重要性指数排序

Tab. 3 The dominant species' IRI of the catch different seasons in Tangshan Bay

春季 spring		夏季 summer		秋季 autumn	
种名 species	IRI	种名 species	IRI	种名 species	IRI
日本枪乌贼	0.17	口虾蛄	0.60	矛尾鰕虎鱼	0.58
脊腹褐虾	0.12	矛尾鰕虎鱼	0.36	日本枪乌贼	0.28
口虾蛄	0.10	日本枪乌贼	0.28	口虾蛄	0.17

表 4 唐山湾不同季节鱼类优势种相对重要性指数排序

Tab. 4 The dominant species' IRI of fish in different seasons in Tangshan Bay

春季 spring		夏季 summer		秋季 autumn	
种名 species	IRI	种名 species	IRI	种名 species	IRI
长吻红舌鳎	0.34	矛尾鰕虎鱼	1.24	矛尾鰕虎鱼	0.95
六丝矛尾鰕虎鱼	0.29	六丝矛尾鰕虎鱼	0.14	六丝矛尾鰕虎鱼	0.10
鲱鲂	0.14	小黄鱼	0.13		

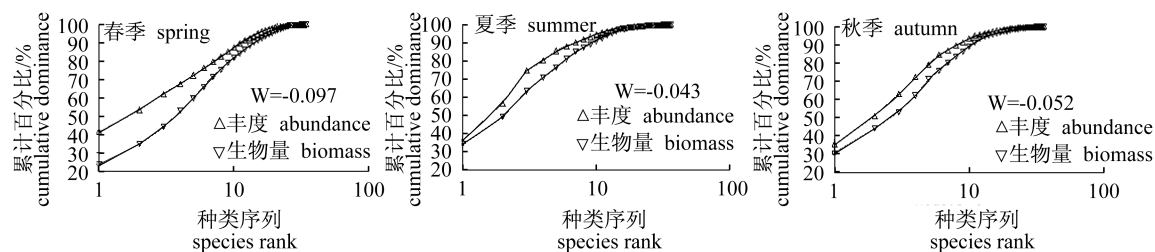


图 5 唐山湾渔业生物群落的 ABC 曲线以及  $W$  统计值

Fig. 5 ABC curves and  $W$  value of fishery in Tangshan Bay

## 3 讨论

### 3.1 种类组成

唐山湾渔业生物种类主要以鱼类为主, 多为

中上层小型鱼类和经济价位较低的底栖性鱼类, 甲壳类次之。甲壳类和头足类各季节种类组成变化不大, 可能多为本地种或短距离洄游种之故。但鱼类种类组成与数量存在显著季节性变化, 可

能是鱼类的季节性洄游所致。温度和饵料的变化影响产卵、索饵和越冬洄游,都会引起种类组成和生物量的变化,进而影响渔业资源结构的变化<sup>[17]</sup>。如大银鱼随水温升高洄游离开,而小黄鱼、皮氏叫姑鱼、棘头梅童鱼等种类却洄游到调查海域产卵、索饵。另外,可能是部分土著种春季尚处于仔稚鱼阶段,个体较小,难以渔获所致。

### 3.2 优势种的演替

20世纪50、60年代,唐山湾海域为多种鱼、虾的产卵场和索饵场,主要经济种为小黄鱼、鲷、带鱼等,至70年代逐渐衰退或消失<sup>[1,5]</sup>。2012年春、夏、秋3季渔获物优势种为口虾蛄、日本枪乌贼、矛尾鰕虎鱼等,依次为营养级较低的甲壳类、头足类以及底栖性鱼类,生态位总体降低,群落稳定性降低。带鱼、鲷等资源的衰退,导致其摄食的小型鱼类和甲壳类等饵料生物相应增多,也可能导致次生型的种类成为重要渔获经济种类,如口虾蛄、中国毛虾已成为本地渔业的主要作业对象。鱼类群落中优势种多为小型底栖性鱼类,如矛尾鰕虎鱼、六丝矛尾鰕虎鱼、长吻红舌鲷等。与1988年河北省海岸带调查结果<sup>[7]</sup>相比,变化极大,如原优势种黄鲫、鳀等鱼类的 $IRI$ 显著降低,依次由0.6805降为0.0496、0.2485降为0.0363。而小黄鱼的 $IRI$ 显著提高到0.1275,成为夏季优势种,这可能是由于我国开始重视产卵区保护和幼鱼伏季休渔保护所致。

### 3.3 生物多样性及其变化

仅从 $H'$ 值分析,春季群落结构较夏、秋季稳定,受干扰程度较小;离岸较远的深水区较近岸浅水区生物多样性高。Pielou<sup>[18]</sup>指出“群落中种类多样性取决于种的数量及其分布的均匀度两个因素”,因此 $H'$ 值在种类数一定的情况下,各种间数量分布越均匀时,多样性越高<sup>[19]</sup>。春季渔获量较少,各种间数量分布较均匀, $J$ 值明显高于夏、秋两季;与春季相比,夏、秋季洄游性鱼类种类和数量发生显著变化,使得各站位群落种类数不变或略有升高,但各物种自身丰度明显变化,种间均匀度和物种丰富度指数 $D$ 明显降低。从而导致尽管春季的生物量和丰度均低于夏、秋季,春季 $H'$ 和 $D$ 的值却高于夏、秋季。因此,仅以渔业生物物种多样性一个指标不足以客观评价渔业生态和资源状况。例如稀有物种灭绝,但种类丰富度和种间均匀度增加, $H'$ 不一定降低。而且 $H'$ 也受其

他环境因素影响,如水温、食物多样性、生境多样性等<sup>[20-21]</sup>。

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曲线法可比较分析不同程度干扰下群落的反应<sup>[16,22]</sup>。由3个季节的ABC曲线分析得出,丰度曲线皆位于生物量曲线的上方, $W$ 为负值,群落结构呈现受外界严重干扰的状态,群落中 $r$ 选择物种生物量(或数量)增加。根据河北省国土资源厅发布的2012年河北省海洋公报<sup>[23]</sup>,唐山湾8月份污染最为严重,10月份次之,5月份最轻。因此,夏、秋季 $W$ 值较春季高,可能与污染影响关系不大,与群落中各种群的补充、生长等因素及人为因素(如捕捞)有关。群落中的幼体得到伏季休渔的有效保护,可能导致夏、秋季个体质量较春季明显增加;而且外来洄游性鱼类的到来,可能导致生物量优势度曲线抬高, $W$ 值变大。单秀娟等<sup>[24]</sup>的研究结果也指出鱼类群落组成与温度有较大的相关性。夏季与秋季渔获物种类差异不大,说明秋季 $W$ 值较夏季低,可能是受捕捞影响所致。

许多研究指出,影响渤海资源生产力与生态系统健康的因素主要包括陆源污染对生境的破坏和资源利用的不合理等,破坏了生物资源的自我更新机制,导致生物群落内生态位的交替失调<sup>[25-27]</sup>。研究海域地处渤海,封闭性强,水交换周期长,环境承载力较弱,周边地区的发展对海洋环境产生了巨大的污染及生境破坏压力。Ryder等<sup>[28]</sup>指出渔业资源的不合理开发利用和环境退化迫使生物群落的生态系统失去恢复力和完整性,生态系统稳定性变差,也导致资源衰退。群落的物种多样性分析和ABC曲线分析均表明,渔业生物群落结构受到污染和过度开发等人为干扰的严重影响,生境呈现碎片化、荒漠化,生态出现严重危机,海洋渔业经济的可持续发展受到极大的威胁。建议在海洋开发的同时,重视海洋环境的保护和海洋生态的修复,防治海洋污染,积极开展增殖放流,投放人工鱼礁,建设海洋牧场;加强禁渔期、禁渔区管理,完善伏季休渔制度,调整渔业结构,大力发展休闲渔业,以实现渔业资源的可持续利用。

### 参考文献:

- [1] Jin X S. The dynamics of major fishery resources in the Bohai Sea [J]. Journal of Fishery Sciences of

- China, 2000, 7(4): 22 - 26. [金显仕. 渤海主要渔业生物资源变动的研究. 中国水产科学, 2000, 7(4): 22 - 26.]
- [ 2 ] Jin X S, Tang Q S. The structure, distribution and variation of the fishery resources in the Bohai Sea [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 1998, 5(3): 18 - 24. [金显仕, 唐启升. 渤海渔业资源结构、数量分布及其变化. 中国水产科学, 1998, 5(3): 18 - 24.]
- [ 3 ] Ment T X. The structure and variation of fish community in the Bohai Sea [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 1998, 5(2): 16 - 20. [孟田湘. 渤海鱼类群落结构及其动态变化. 中国水产科学, 1998, 5(2): 16 - 20.]
- [ 4 ] Zhu X H, Tang Q S. Structuring dominant components within fish community in Bohai Sea system [J]. Studia Marine Sinica, 2002, 44: 159 - 168. [朱鑫华, 唐启升. 渤海鱼类群落优势种结构及其种间更替. 海洋科学集刊, 2002, 44: 159 - 168.]
- [ 5 ] Yang X C, Peng S J, Ren C S, *et al.* Aquatic volunteers in Tangshan [M]. Tianjin: Tianjin People's Publishing, 2002. [杨学诚, 等. 唐山水产志. 天津: 天津人民出版社, 2002.]
- [ 6 ] Wang S A, Wang Z M, Li G L, *et al.* Fauna in Hebei province; Fish [M]. Shijiazhuang: Hebei Science & Technology Press, 2001. [王所安, 王志敏, 等. 河北动物志·鱼类. 石家庄: 河北科学技术出版社, 2001.]
- [ 7 ] Chen L Z. Biodiversity actuality and protection countermeasure in China [M]. Beijing: Science Press, 1993. [陈灵芝. 中国的生物多样性现状及其保护对策. 北京: 科学出版社, 1993.]
- [ 8 ] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Specifications for oceanographic survey [S]. Beijing: China Standards Press, 2007. [国家质量监督检验检疫总局. 海洋调查规范. 北京: 中国标准出版社, 2007.]
- [ 9 ] Ulanowicz R E. Information theory in ecology [J]. Computers & Chemistry, 2001, 25(4): 393 - 399.
- [ 10 ] Shannon C E, Weaver W. The mathematical theory of communication [M]. Urbana: University of Illinois Press, 1948.
- [ 11 ] Pielou E C. Mathematical Ecology [M]. New York: Wiley, 1977.
- [ 12 ] Pinkas L, Oliphant M S, Iveroson I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters [J]. Fishery Bulletin, 1971, 152: 1 - 105.
- [ 13 ] Jia X H, Zhang H, Jiang K Y, *et al.* Seasonal changes of fish species composition and diversity in mudflat wetlands of Hangzhou Bay [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(12): 3248 - 3254. [贾兴焕, 张衡, 蒋科毅, 等. 杭州湾滩涂湿地鱼类种类组成和多样性季节变化. 应用生态学报, 2010, 21(12): 3248 - 3254.]
- [ 14 ] Li J S, Li S F, Ren Y P, *et al.* Seasonal variety of fishery biology community structure in fishing ground of the Yangtze estuary [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2004, 11(5): 432 - 439. [李建生, 李圣法, 任一平, 等. 长江口渔场渔业生物群落结构的季节变化. 中国水产科学, 2004, 11(5): 432 - 439.]
- [ 15 ] Warwick R M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities [J]. Marine Biology, 1986, 92(4): 557 - 562.
- [ 16 ] Li S F. Status of fish community in East China Sea using the method of abundance-biomass comparison (ABC) curve [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15(1): 136 - 144. [李法圣. 以数量生物量比较曲线评价东海鱼类群落的状况. 中国水产科学, 2008, 15(1): 136 - 144.]
- [ 17 ] Editorial Committee of Marine Fishery Resources in China. Marine Fishery Resource in China [M]. Hangzhou: Zhejiang Science & Technology Press, 1993. [《中国海洋渔业资源》编写组. 中国海洋渔业资源. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1993.]
- [ 18 ] Pielou E C. The measurement of diversity in different types of biological collections [J]. Journal of Theoretical Biology, 1966, 13: 131 - 144.
- [ 19 ] Wang S B. A question on the traditional biodiversity index [J]. Journal of Fudan University: Natural Science, 2003, 42(6): 867 - 868, 874. [王寿兵. 对传统生物多样性指数的质疑. 复旦学报: 自然科学版, 2003, 42(6): 867 - 868.]
- [ 20 ] Editorial Committee of Aquatic Biological Monitoring Manual in Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. Aquatic Biological Monitoring Manual [M]. Nanjing: Southeast University Press, 1993. [国家环境保护局《水生生物监测手册》编委会. 水生生物监测手册. 南京: 东南大学出版社, 1993.]
- [ 21 ] Cook S E K. Quest for an index of community structure sensitive to water pollution [J]. Environmental Pollution, 1970, 11(4): 269 - 288.
- [ 22 ] Yemane D, Field J G, Leslie R W. Exploring the



- effects of fishing on fish assemblages using Abundance Biomass Comparison (ABC) curves [J]. ICES Journal of Marine Science, 2005, 62(3): 374 - 379.
- [23] Hebei Marine Bureau. 2012 marine bulletin of Hebei Province [R]. Shijiazhuang: Hebei Marine Bureau, 2013. [河北省海洋局. 2012年河北省海洋公报. 石家庄: 河北省海洋局, 2013.]
- [24] Shan X J, Sun P F, Jin X S, *et al.* Dynamics of fishery resource structure in the section of the southern Yellow Sea [J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(3): 427 - 435. [单秀娟, 孙鹏飞, 金显仕, 等. 黄海典型断面渔业资源结构的季节变化. 水产学报, 2013, 37(3): 427 - 435.]
- [25] Zhu X H, Miao F, Liu D, *et al.* Spatiotemporal pattern and dominant component of fish community in the Yellow River estuary and its adjacent waters [J]. Studia Marina Sinica, 2001, 43: 141 - 151. [朱鑫华, 缪锋, 刘栋, 等. 黄河口及邻近海域鱼类群落时空格局与优势种特征的研究. 海洋科学集刊, 2001, 43: 141 - 151.]
- [26] Deng J Y, Jin X S. Study of fishery biodiversity and its conservation in Laizhou Bay and Yellow River estuary [J]. Zoological Research, 2000, 21(1): 76 - 82. [邓景耀, 金显仕. 莱州湾及黄河口水域渔业多样性及其保护研究. 动物学研究, 2000, 21(1): 76 - 82.]
- [27] Zhu X H, Yang J M, Tang Q S. Study on characteristics of fish community structure in Bohai Sea [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1996, 27(1): 6 - 13. [朱鑫华, 杨纪明, 唐启升. 渤海鱼类群落结构特征的研究. 海洋与湖沼, 1996, 27(1): 6 - 13.]
- [28] Ryder R A, Kerr S R, Taylor W W, *et al.* Community consequences of fish stock diversity [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1981, 38(12): 1856 - 1866.

## Study on the community diversity of fisheries resources in Tangshan Bay

DU Xiao<sup>1</sup>, HAN Zhiqiang<sup>1</sup>, WANG Yixin<sup>1</sup>, XU Heng<sup>2</sup>, ZHENG Wei<sup>1</sup>,  
WANG Fengli<sup>1</sup>, HU Chengye<sup>1</sup>, LI Liang<sup>1</sup>, SHUI Bonian<sup>1\*</sup>

(1. College of Fishery, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China;

2. Fishery Science Institute of Yueqing City, Yueqing 325600, China)

**Abstract:** Tangshan Bay has been significantly affected by human activities. In order to research the situation and diversity of fishery resources community in Tangshan Bay, the species composition, spatial distribution, biodiversity, dominant species and ABC curves of the fishery resources were analyzed based on the bottom trawl survey data in May, August and November, 2012. The results showed that 59 species were collected in the investigations, including 27 species of fishes, 17 species of crustaceans, 7 species of shellfish, 4 species of echinodermata, 3 species of cephalopoda and 1 species of polychaetes; there were 35 species of the catch in spring, 36 species in summer and 37 species in autumn; the catch rates (mass) in spring, summer and autumn were 3.50, 13.68 and 16.99 kg/h, respectively. The study showed: (1) The catch rates and compositions in different seasons were obviously different. The biomass of cephalopods occupied the first place and the biomass of fish and crustaceans was slightly lower than cephalopods in spring; the biomass of crustaceans occupied the first place and the biomass of fish became the second in summer; the biomass of fish occupied first place and the biomass of crustaceans became second in autumn. (2) The spatial distribution of the catch rate showed significantly seasonal variation, the catch rate of the shallower waters was higher than that of the deepwater area in spring, while the deepwater area was higher than the shallower waters in summer. (3) The seasonal succession of dominant species was not obvious. (4) The biodiversity indices revealed that the biodiversity indices in spring were higher compared with those in summer and autumn, and the biodiversity indices in the shallow waters were higher compared with those in deepwater area. (5) The ABC curves indicated that the present community in Tangshan Bay was disturbed.

**Key words:** fisheries resources; biodiversity; species composition; Tangshan Bay

**Corresponding author:** SHUI Bonian. E-mail: shuibonian@163.com