

## 胶州湾鱼类资源量的时空分布特征

徐姗楠<sup>1\*</sup>, 郭建忠<sup>1,2</sup>, 陈作志<sup>1</sup>, 张魁<sup>1</sup>,  
许友伟<sup>1</sup>, 蔡研聪<sup>1</sup>, 李纯厚<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业农村部南海渔业资源开发利用重点实验室,  
广东省渔业生态环境重点实验室, 广东广州 510300;  
2. 中国海洋大学水产学院, 渔业海洋学实验室, 山东青岛 266003)

**摘要:** 为了解胶州湾海域鱼类资源数量的时空分布特征, 2016—2017年利用底拖网对胶州湾海域开展了4个航次的渔业资源调查。结果显示, 胶州湾海域鱼类资源密度存在明显的季节变化。鱼类资源尾数密度以夏季最高(233 427尾/km<sup>2</sup>), 春季最低(18 080尾/km<sup>2</sup>), 秋季和冬季分别为32 246、40 746尾/km<sup>2</sup>; 鱼类资源质量密度以冬季最高(1 593.16 kg/km<sup>2</sup>), 秋季最低(337.91 kg/km<sup>2</sup>), 春季和夏季分别为681.96和825.55 kg/km<sup>2</sup>。其中, 冬季鱼类平均个体质量最大(39.10 g), 夏季最小(3.54 g), 春季和秋季分别为37.72 g和10.48 g。与历史调查资料相比, 30多年来胶州湾鱼类资源发生了较大变化。本次调查鱼类资源密度(1 593.16 kg/km<sup>2</sup>)低于1981—1982年(10 857.00 kg/km<sup>2</sup>)和2008—2009年(2 196.00 kg/km<sup>2</sup>); 鱼类平均个体质量为10.60 g, 低于1981—1982年(37.70 g), 鱼类群落结构明显呈现小型化和低质化趋势。这些变化可能主要是由于人类活动对鱼类栖息地的破坏和海洋生态环境恶化造成的。

**关键词:** 鱼类资源; 时空分布; 小型化; 人类活动; 胶州湾

**中图分类号:** S 932.4

**文献标志码:** A

胶州湾位于120°04'~120°23'E, 35°38'~36°18'N, 山东半岛南岸, 黄海之滨, 三面分别被青岛市、胶南市和胶州市环绕, 是我国北方典型的半封闭海湾<sup>[1-4]</sup>, 也是山东省重要的水产养殖基地<sup>[5]</sup>, 渔业资源丰富, 是多种经济鱼、虾、蟹类繁衍生息的重要场所<sup>[6]</sup>。随着周边市区社会经济的发展、养殖规模的加大<sup>[7-8]</sup>、生活及养殖污水和工业废水的排放, 致使胶州湾近岸水域富营养化<sup>[9]</sup>, 加上工程建设、滩涂围垦以及过度捕捞等人类活动, 导致该海域鱼类种类数锐减<sup>[9]</sup>、多样性降低<sup>[10]</sup>、资源量下降<sup>[6, 11-12]</sup>。

20世纪80年代以来, 胶州湾鱼类资源研究主要集中于鱼类群落结构特征<sup>[1, 9, 13]</sup>及与环境因子的关系<sup>[14]</sup>、物种多样性<sup>[1, 15]</sup>、耳石<sup>[16]</sup>、渔业生物

学<sup>[17]</sup>等方面, 而对胶州湾鱼类资源数量时空分布特征的系统研究较少, 比如2008—2009年, 梅春<sup>[18]</sup>对胶州湾中部海域研究表明, 鱼类各月平均资源密度为183.00 kg/km<sup>2</sup>, 其中2月最低、8月最高。同时, 开展胶州湾海域鱼类资源量调查研究, 有助于了解长期以来在自然扰动和人类活动干扰下胶州湾鱼类资源量现状及历史演变状况, 这对今后海域鱼类资源合理开发与管理以及生态价值评价与生态恢复具有重要意义。本研究根据2016—2017年春、夏、秋、冬4个航次底拖网调查资料, 对胶州湾海域鱼类资源数量的时空分布特征进行了研究; 并结合历史调查资料, 对比分析了胶州湾海域主要鱼类物种的个体大小演变趋势, 旨在为胶州湾海域鱼类资源

收稿日期: 2018-09-26 修回日期: 2018-12-09

资助项目: 国家重点研发计划(2018YFD0900902); 国家重点基础研究发展计划(2015CB452904)

通信作者: 徐姗楠, E-mail: xushannan@scsfri.ac.cn

的合理开发与保护提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查站位

由于胶州湾北部浅海区为菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)底播养殖区,禁止拖网捕捞,因此调查站位设置在胶州湾海域5 m以深水水域,采用分层随机取样(stratified random sampling)方法设计调查站位,根据水深和地理位置不同,在湾内、湾外海域共设置9个站点进行海洋生态和渔业资源调查。其中,湾内6个站位、湾外3个站位(图1)。由于实际采样调查中受海域利用现状影响,对春季7个(无S3、S8)、夏季8个(无S6)、秋季9个和冬季7个(无S3、S5)站位进行资源调查。调查航线按照《海洋调查规范》(GB/T 12763—2007)<sup>[19]</sup>和《海洋监测规范》(GB 17378—2007)<sup>[20]</sup>来设计,渔业资源按照《海洋渔业资源调查规范》(SC/T 9403—2012)<sup>[21]</sup>来进行调查。

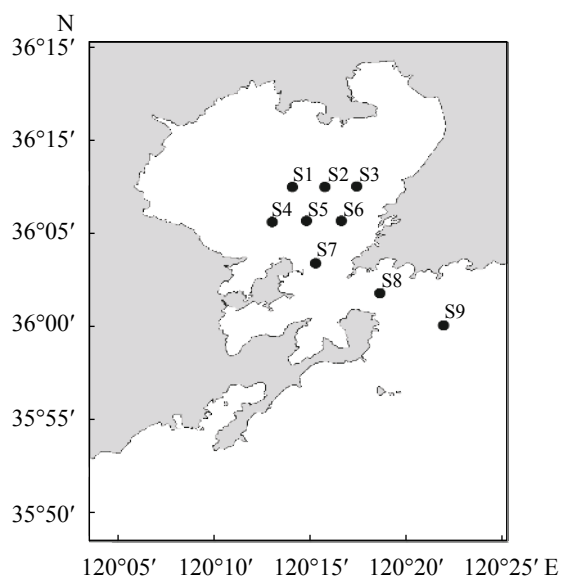


图1 胶州湾海域站位采样示意图

Fig. 1 Map of sampling stations in Jiaozhou Bay

### 1.2 调查日期和采样方法

4个航次调查时间为2016年1月、4月、11月和2017年8月,分别代表冬季、春季、秋季和夏季。调查船为中国水产科学研究院黄海水产研究所“黄海星”号科学调查船,每个站位拖网1次,每次拖1 h,平均拖速为3 kn。由于调查方法、网

具参数与1981—1982年<sup>[6]</sup>和2008—2009年<sup>[18]</sup>基本一致,只是拖网时间与本次略有差异,为了尽量降低误差,故将所有年份每站位拖网时间均换算为1 h,将数据进行标准化处理,之后再行用扫海面积法计算各年份资源密度来比较各年份的资源状况,采样及样品分析均按照《海洋生物调查规范》<sup>[22]</sup>进行。

### 1.3 研究方法

资源密度 拖网调查的渔业资源密度(尾数和质量)采用扫海面积法估算<sup>[23]</sup>,单位分别为 $\text{kg}/\text{km}^2$ 或 $\text{尾}/\text{km}^2$ ,计算公式:

$$D = C/aq$$

式中, $D$ 为每个站点的资源密度, $C$ 为每个站点单位小时拖网实际渔获量[尾/(网·h)或 $\text{kg}/(\text{网}\cdot\text{h})$ ], $a$ 为网具每小时实际扫海面积[ $\text{km}^2/(\text{网}\cdot\text{h})$ ], $q$ 为可捕系数,取0.5。

数据处理 调查数据经标准化校正后,用ArcGIS 10.3软件和SPSS 19.0统计软件进行数据分析。

## 2 结果

### 2.1 鱼类资源量的季节变化

胶州湾海域鱼类资源数量存在明显的季节变化。鱼类资源平均尾数密度为81 125尾/ $\text{km}^2$ 。其中,夏季最高(233 427尾/ $\text{km}^2$ ),春季最低(18 080尾/ $\text{km}^2$ ),秋季和冬季分别为32 246尾/ $\text{km}^2$ 、40 746尾/ $\text{km}^2$ 。鱼类资源平均质量密度为859.64  $\text{kg}/\text{km}^2$ 。其中,冬季最高(1 593.16  $\text{kg}/\text{km}^2$ ),秋季最低(337.91  $\text{kg}/\text{km}^2$ ),春季和夏季分别为681.96  $\text{kg}/\text{km}^2$ 和825.55  $\text{kg}/\text{km}^2$ 。

### 2.2 鱼类资源量的空间分布

鱼类资源尾数密度的空间分布 胶州湾海域鱼类资源尾数密度的空间分布差异明显(图2)。春季,鱼类资源平均尾数密度为2 583尾/ $\text{km}^2$ ,尾数密度较高的站位是湾内的S2、S4站位,分别为3 508尾/ $\text{km}^2$ 、3 643尾/ $\text{km}^2$ ,其他站位尾数密度均小于3 000尾/ $\text{km}^2$ ;夏季,鱼类资源平均尾数密度为29 178尾/ $\text{km}^2$ ,尾数密度较小的站位是湾内的S1和S3站,均小于3 000尾/ $\text{km}^2$ ,较大的站位分别是湾内的S4、S5站和湾外的S8、S9站,均大于10 000尾/ $\text{km}^2$ ;秋季,鱼类资源平均尾数密度为3 583尾/ $\text{km}^2$ ,其中湾内S6站尾数密度最低(810尾/ $\text{km}^2$ ),S5站位最高(9 849尾/ $\text{km}^2$ );冬季,鱼类资源平均尾数密度为5 821尾/ $\text{km}^2$ ,尾

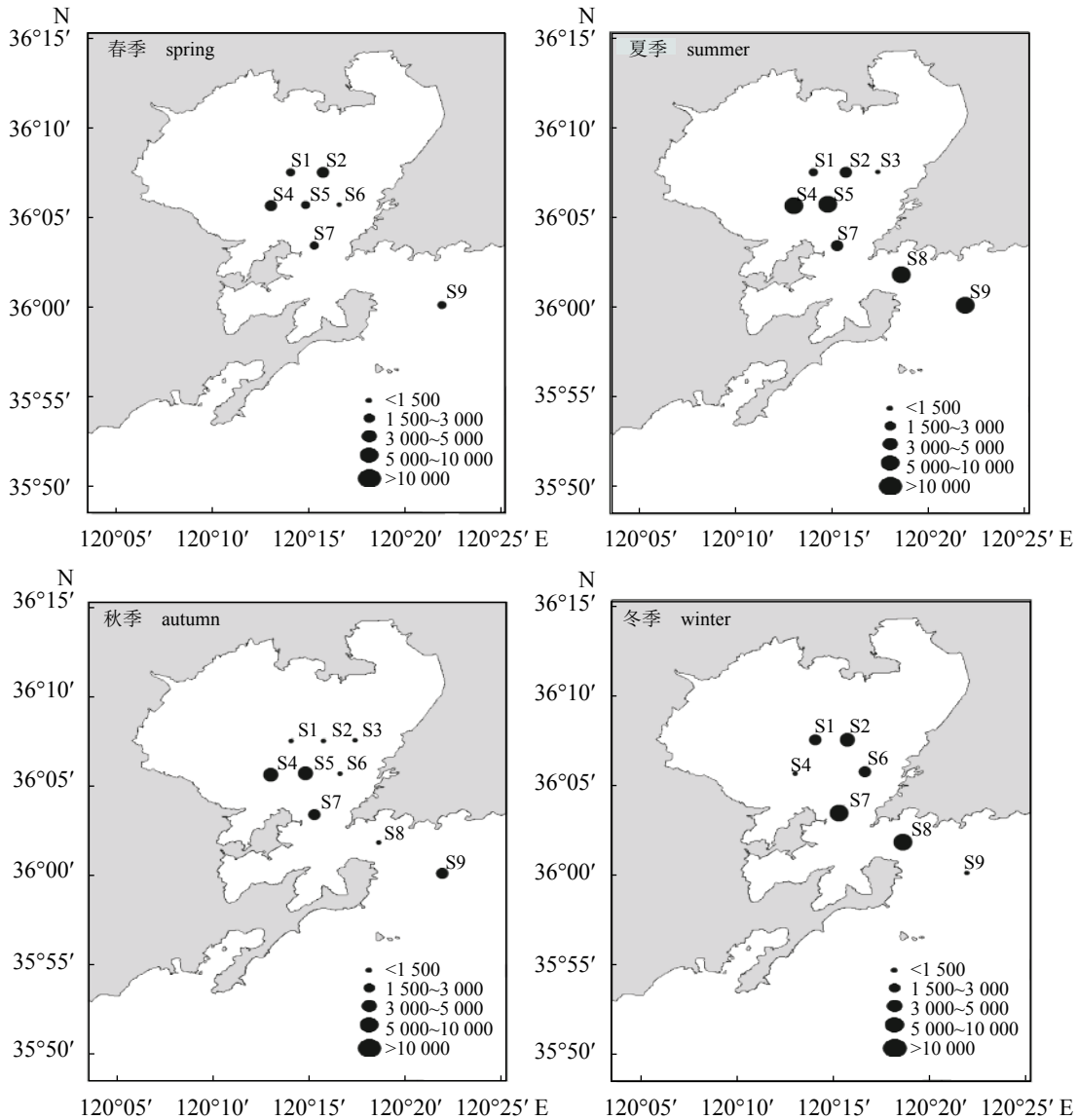


图 2 胶州湾海域鱼类资源尾数密度的空间分布(尾/km<sup>2</sup>)

Fig. 2 Spatial distribution of density of fish resources in Jiaozhou Bay (ind./km<sup>2</sup>)

数密度较小的站位是湾内的S4站和湾外的S9站, 均小于500 尾/km<sup>2</sup>, 较大的站位分别是湾外的S7、S8, 均大于10 000 尾/km<sup>2</sup>。

鱼类资源质量密度的空间分布 胶州湾海域鱼类资源质量密度的空间分布存在明显差异(图3)。春季, 鱼类资源平均质量密度为97.42 kg/km<sup>2</sup>, 质量密度较高的站位是湾内的S2、S5站和湾外的S7站, 分别为143.83 kg/km<sup>2</sup>、239.01 kg/km<sup>2</sup>和144.84 kg/km<sup>2</sup>, 其他站位质量密度均小于100.00 kg/km<sup>2</sup>; 夏季, 鱼类资源平均质量密度为103.19 kg/km<sup>2</sup>, 质量密度较小的站位是湾内的S1、S3站和湾外的S9站, 均小于50.00 kg/km<sup>2</sup>, 较大的站位分别是湾内的S5站和湾外的S8站, 均大于

200.00 kg/km<sup>2</sup>; 秋季, 鱼类资源平均质量密度为37.55 kg/km<sup>2</sup>, 其中湾内的S2站和湾外的S9站质量密度较低, 均低于10.00 kg/km<sup>2</sup>, 湾内的S5站位最高(114.01 kg/km<sup>2</sup>); 冬季, 鱼类资源平均质量密度为227.59 kg/km<sup>2</sup>, 质量密度较小的站位分别是湾内的S4站和湾外的S9站, 均小于5.00 kg/km<sup>2</sup>, 较大的站位分别是湾外的S7、S8站, 均大于350.00 kg/km<sup>2</sup>。

鱼类资源平均个体质量 全年胶州湾鱼类平均个体质量为10.60 g, 鱼类平均个体质量存在明显的季节变化和空间变化。季节变化上, 冬季鱼类平均个体质量最大(39.10 g), 夏季鱼类平均个体质量最小(3.54 g), 春季和秋季鱼类平均

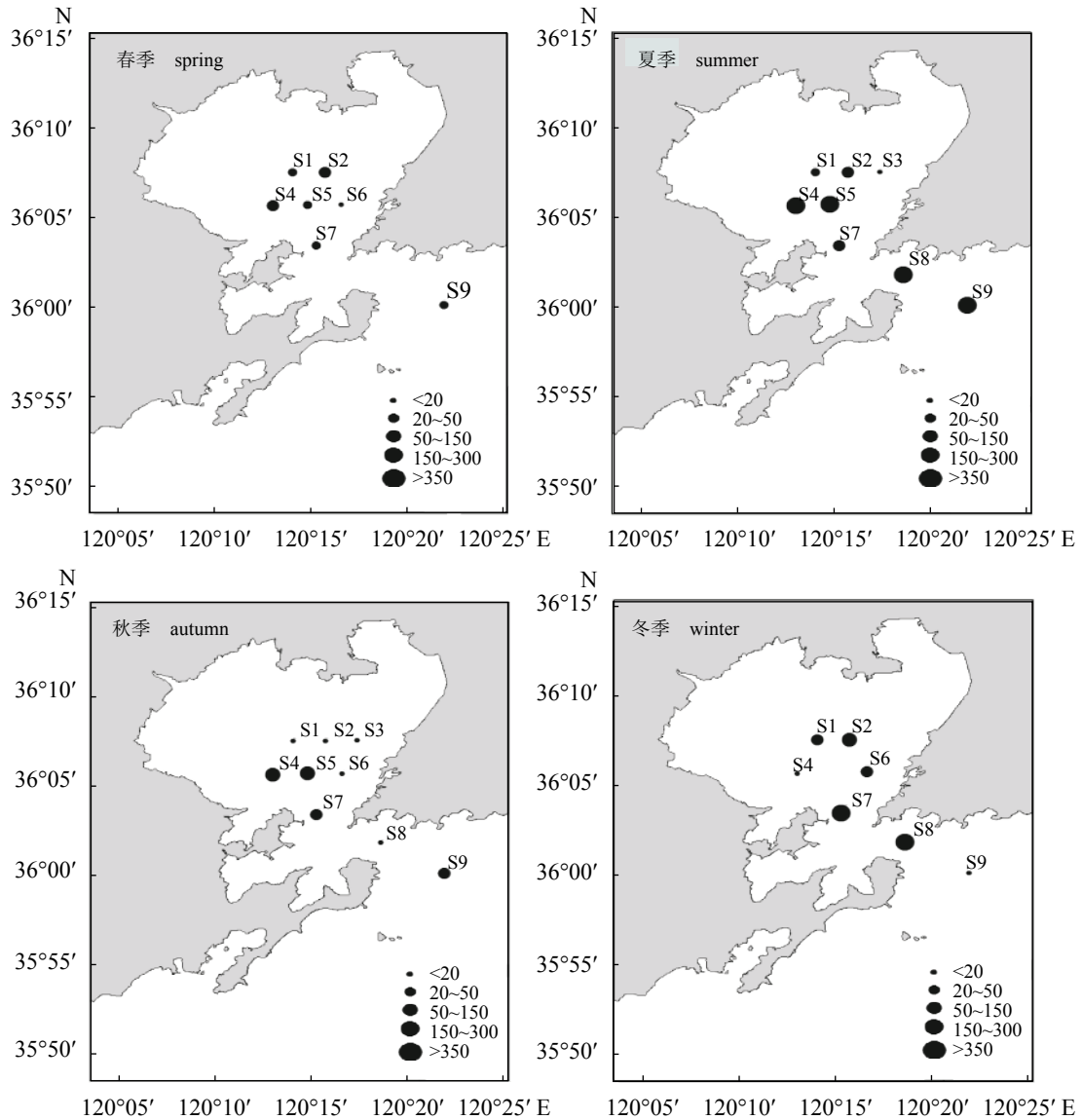


图3 胶州湾海域鱼类资源质量密度的空间分布(kg/km<sup>2</sup>)

Fig. 3 Spatial distribution of mass density of fish resources in Jiaozhou Bay

个体质量分别为37.72 g和10.48 g；空间分布上，各站点鱼类资源平均个体质量为3.10~35.26 g，其中S5站最小，S7站最大；S1、S2、S3、S6、S7和S8站平均个体质量均大于10.60 g，而其余站点平均个体质量均小于10.60 g(图4)。单因子方差分析表明，胶州湾海域各站点鱼类平均个体质量差异极显著( $P<0.01$ )。主要物种的平均个体质量和体长范围均有所差异(表1)。4个季节均出现的物种为许氏平鲷(*Sebastes schlegelii*)，其中，夏季平均个体质量和体长范围均最小；牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)的平均个体质量和体长范围呈逐渐下降趋势；主要经济物种鲮(*Platycephalus indicus*)、花鲈(*Lateolabrax maculatus*)、石鲮

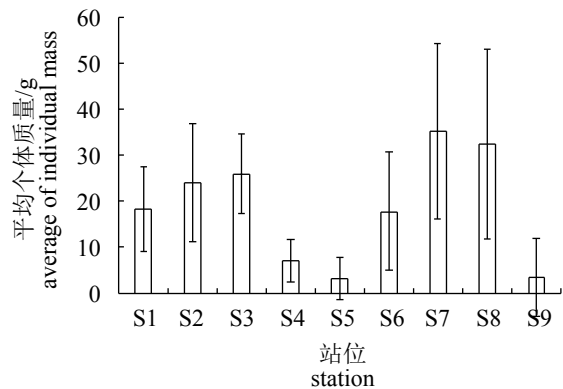


图4 胶州湾海域各站点鱼类平均个体质量  
 Fig. 4 Average of body mass of fish in stations in Jiaozhou Bay (mean ± SD)

表 1 胶州湾海域主要鱼类物种体格比较

Tab. 1 Comparison of the sizes of major fish species in Jiaozhou Bay

物种 species	出现季节 season	平均体质量/g average of individual mass	体长范围/mm length range
许氏平鲷 <i>Sebastes schlegelii</i>	春季 spring	59.70	100~190
	夏季 summer	3.75	40~66
	秋季 autumn	19.00	13~103
	冬季 winter	110.40	98~175
短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	春季 spring	25.25	151~172
	秋季 autumn	12.00	140
	冬季 winter	14.00	143
牙鲆 <i>Paralichthys olivaceus</i>	春季 spring	426.67	170~300
	秋季 autumn	235.00	197
	冬季 winter	197.50	170~182
鲱鲷 <i>Callionymus beniteguri</i>	春季 spring	5.86	72~93
	夏季 summer	12.04	90~127
	冬季 winter	1.50	54
长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>	夏季 summer	85.39	47~302
	秋季 autumn	125.00	195~275
鲷 <i>Platycephalus indicus</i>	春季 spring	145.00	265
	秋季 autumn	160.00	260
花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	秋季 autumn	260.00	290
	冬季 winter	140.00	180
褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	夏季 summer	45.57	96~123
	冬季 winter	44.93	75~127
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	夏季 summer	6.26	22~173
	秋季 autumn	35.00	118
石鲈 <i>Kareius bicoloratus</i>	春季 spring	150.00	195
	冬季 winter	300.00	215
银鲳 <i>Pampus argenteus</i>	夏季 summer	42.39	103~145
鲛 <i>Liza haematocheila</i>	冬季 winter	34.00	98~147
孔鲷 <i>Raja porosa</i>	冬季 winter	244.33	100~235
斑鲷 <i>Konosirus punctatus</i>	夏季 summer	23.68	96~144
黄鲛鲷 <i>Lophius litulon</i>	秋季 autumn	460.00	250

(*Kareius bicoloratus*)等均有两个季节出现, 而银鲳(*Pampus argenteus*)、鲛(*Liza haematocheila*)、斑鲷(*Konosirus punctatus*)等仅在一个季节出现, 且数量较低。如捕获孔鲷(*Raja porosa*)6尾, 平均个体质量244.33 g; 石鲈4尾, 平均个体质量225.00 g; 花鲈4尾, 平均个体质量200.00 g; 鲷4尾, 平均个体质量152.50 g; 长绵鲷(*Enchelyopus elongatus*)2尾, 平均个体质量132.00 g; 圆斑星鲈(*Verasper variegatus*)2尾, 平均个体质量56.00 g;

银鲳32尾, 平均个体质量42.39 g; 蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)14尾, 平均个体质量39.94 g; 斑鲷4尾, 平均个体质量23.68 g。而真鲷(*Pagrosomus major*)、黑鲷(*Acanthopagrus schlegelii*)、大银鱼(*Protosalanx hyalocranius*)、带鱼(*Trichiurus lepturus*)、小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)和红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)等重要经济鱼类本次均未捕捞到, 鱼类群落组成以小型低值鱼类为主, 尤其是赤鼻棱鯧(*Thryssa kammalensis*), 其渔获量占

全年总渔获量的74.74%，其体长范围为28~127 mm，平均个体质量为2.53 g。

### 3 讨论

#### 3.1 鱼类资源量的时空分布特征

胶州湾鱼类资源量变化特征存在明显的季节差异。尾数密度为以夏季最高、春季最低，质量密度以冬季最高、秋季最低。

鱼类资源量的季节变化主要与鱼类的洄游习性<sup>[24]</sup>、人类捕捞强度<sup>[25-26]</sup>及环境因素<sup>[27]</sup>密切相关，且水温和盐度是影响胶州湾鱼类资源量变化的主要环境因子<sup>[1]</sup>。刘瑞玉<sup>[6]</sup>对胶州湾1981—1982年鱼类资源研究表明，胶州湾海域鱼类的种类组成、数量分布和环境温度有着明显的季节变化。徐宾铎等<sup>[1]</sup>对胶州湾近岸浅水区鱼类群落研究表明，海洋性暖温性和暖水性鱼类在温度高的夏秋季生物量较高，且虾虎鱼类生物量与盐度呈负相关。春季气温回升，长蛇鲻(*Saurida elongata*)、赤鼻棱鲷、中颌棱鲷(*T. mystax*)、白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)等洄游性鱼类进入胶州湾，且在夏末、秋季在浅海域进行生殖和育幼<sup>[13]</sup>，至冬季气温降低时洄游到湾外深水区进行越冬<sup>[18]</sup>；同时，5月1日—8月20日为胶州湾休渔期，斑鲽、青鳞小沙丁鱼(*Sardinella zunasi*)、银鲳、长蛇鲻、赤鼻棱鲷等鱼类在此升温阶段繁殖<sup>[6]</sup>，产卵鱼群和幼鱼鱼群得到保护，鱼类资源量增加，致使夏季渔获鱼类种类数及尾数数量最多，鱼类资源尾数密度达到最高值，占全年鱼类资源尾数密度的71.93%。其中，贡献率最大的是赤鼻棱鲷，渔获量占夏季总渔获量的74.74%；其次是中颌棱鲷，占夏季总渔获量的7.11%，而其他种类渔获量所占比例均低于5%。鱼类群落优势种以赤鼻棱鲷和长蛇鲻为主，其平均个体质量分别为2.46 g和85.39 g，且渔获量所占比例分别为74.74%和8.41%，加上休渔期结束后捕捞力度加大的影响，大型鱼类资源量减少，鱼类群落组成以赤鼻棱鲷等小型鱼类为主，致使夏季鱼类尾数密度最大，而质量密度相对较小。冬季，水温较低(5.50℃)，捕捞压力较小，且受季节洄游影响，斑鲽、青鳞小沙丁鱼、长蛇鲻、赤鼻棱鲷、白姑鱼等暖季类群鱼类游向湾外越冬，鱼类群落组成主要以方氏云鳚(*Enedrias fangi*)、细纹狮子鱼(*Liparis tanakae*)、长绵鳚、玉筋鱼(*Ammodytes personatus*)、鲛等冷温性鱼类为主，使得冬季渔获尾数资源密度相对较低；但由于冬

季捕获较多褐菖鲉(*Sebastes marmoratus*)(11.59 kg, 258尾)，渔获质量和尾数分别占全年褐菖鲉渔获量的92.65%和92.47%，且褐菖鲉为全年优势种，从而致使冬季渔获生物量最大(23.62 kg)，鱼类质量密度最高，占全年渔获质量密度的46.33%。

鱼类资源量的变化差异显著还可能与水母的出现有关，随着水温的升高，水母数量增加，而水母通过摄食鱼卵、仔鱼来调节鱼类种群数量<sup>[1]</sup>。此外，胶州湾海域沿岸经济带的迅速发展致使海湾生态环境发生较大变化，这也影响鱼类群落物种组成及资源量的变化<sup>[1]</sup>。邱永松<sup>[27]</sup>研究表明，水域底质类型也可能影响鱼类群落组成及资源量变化；翟璐等<sup>[14]</sup>对胶州湾及其邻近海域鱼类群落研究表明，黏土底质可显著影响鱼类群落分布，进而影响资源量的变化。

#### 3.2 鱼类资源历史演变特征

与历史调查结果相比，本次调查的鱼类平均资源密度(1 593.16 kg/km<sup>2</sup>)低于1981—1982年(10 857.00 kg/km<sup>2</sup>)<sup>[6]</sup>和2008—2009年(2 196.00 kg/km<sup>2</sup>)<sup>[18]</sup>，呈显著下降趋势(图5)。渔获鱼类种类数(46种，2纲10目30科41属)低于1981—1982年(113种，2纲12目52科90属)<sup>[6]</sup>、2004年(58种，2纲9目33科)<sup>[10]</sup>和2011年(57种，隶属2纲10目31科46属)<sup>[14]</sup>，呈连续下降趋势。鱼类平均个体质量(10.60 g)远低于1981—1982年(37.70 g)<sup>[6]</sup>。由此可知，30多年来胶州湾海域鱼类资源呈现衰减趋势。

与历史调查结果相比，渔获物中斑鲽、花鲈、

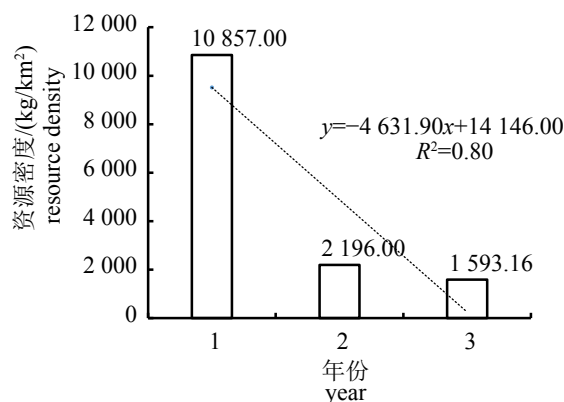


图5 胶州湾海域不同年代鱼类资源年均密度比较  
虚线为线性项

Fig. 5 Comparison of annual density of fish resources in the Jiaozhou Bay

Dotted line is linear term. 1.1981—1982, 2.2008—2009, 3.2016—2017

银鲳、孔鳐、长绵鲷、鲷、带鱼等主要经济鱼类物种体长范围(尤其是最大体长)、渔获量数量百分比和质量百分比均呈现下降趋势, 且带鱼本次调查未捕获到; 而赤鼻棱鯧、青鳞小沙丁鱼、

许氏平鲷、大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)、褐菖鲉、矛尾虾虎鱼(*Chaeturichthys stigmatias*)等小型鱼类的渔获量均呈增长趋势, 且部分鱼类的最大体长范围有所增长(表2)。

表 2 胶州湾海域主要鱼类物种参数变化

Tab. 2 Changes of parameters of major fish species in Jiaozhou Bay

种名 species names	年份 year	体长范围/mm length range	尾数百分比% number percentage	质量百分比/% mass percentage
斑鲚 <i>Konosirus punctatus</i>	1981—1982	119~219	34.50	38.30
	2016—2017	96~144	0.08	0.19
花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	1981—1982	100~600	0.29~0.83	2.00
	2016—2017	180~290	0.08	1.57
银鲳 <i>Pampus argenteus</i>	1981—1982	100~300	0.29~0.83	4.00
	2016—2017	95~145	0.67	2.66
孔鳐 <i>Raja porosa</i>	1981—1982	60~250	<0.29	3.00
	2016—2017	100~235	0.12	2.88
长绵鲷 <i>Enchelyopus elongatus</i>	1981—1982	150~400	0.29~0.83	6.00
	2016—2017	295	0.04	0.52
鲷 <i>Platycephalus indicus</i>	1981—1982	80~600	<0.29	<2.00
	2016—2017	260~265	0.08	1.20
带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>	1981—1982	80~300	3.00	4.00
	2016—2017	0	0	0
赤鼻棱鯧 <i>Thryssa kammalensis</i>	1981—1982	80~135	6.56	2.00
	2016—2017	28~127	54.14	4.60
青鳞小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>	1981—1982	40~120	36.60	8.50
	2016—2017	42~120	1.62	1.02
许氏平鲷 <i>Sebastes schlegelii</i>	1981—1982	0	0	0
	2011	40~164	0.89	2.78
	2016—2017	27~190	1.16	3.96
褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	1981—1982	0	0	0
	2011	22~124	0.20	0.86
	2016—2017	19~152	5.78	24.54
大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	1981—1982	-	<0.29	<1.00
	2011	55~228	0.94	5.39
	2016—2017	42~262	2.14	9.74
长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>	1981—1982	80~302	3.00	3.00
	2011	123~245	0.08	0.86
	2016—2017	64~337	0.81	7.33
矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	1981—1982	85	<0.29	<1.00
	2011	40~180	1.21	2.76
	2016—2017	25~275	2.01	3.91

注: “-”表示数据缺失

Notes: “-” indicates data missing

可见, 20世纪80年代至今, 胶州湾海域鱼类群落发生了明显变化, 种类数减少、物种多样性水平降低, 主要经济鱼种体长范围减小、资源量下降, 小型鱼类物种资源量增加, 鱼类群落优势种组成由大型化逐渐向小型化和低质化转变, 这种变化主要是由于人类活动致使鱼类栖息地遭到破坏及海域生态环境恶化等因素引起的。据统计, 1994—2008年菲律宾蛤仔养殖面积增加了约95%<sup>[8]</sup>, 近年来养殖产量已达30多万t<sup>[28]</sup>, 而菲律宾蛤仔底播养殖在一定程度上造成鱼类栖息生境的破坏, 影响鱼类生长繁育<sup>[1]</sup>。同时, 1863—2012年间受人类填海造陆等活动影响, 胶州湾海域面积缩小了41%<sup>[2]</sup>, 纳潮量由1863至2005年降低了 $2.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[4]</sup>, 海湾自净能力降低, “赤潮”和“浒苔”频发<sup>[29]</sup>, 破坏了海域生态环境, 从而影响鱼类资源量变化。此外, 海上船舶活动及沿岸生活污水及工业废水排放入湾, 引起海湾生态环境恶化, 海洋环境因子发生变化<sup>[30]</sup>, 而温度、盐度及水深等是影响鱼类群落的主要环境因子<sup>[27, 31]</sup>, 鱼类群落结构发生改变, 从而影响资源量的变化。本次调查胶州湾海域群落组成主要鱼类体长及渔获量高于1981—1982年和2011年(表2), 可能与近年来政府管理有关。据统计, 2000—2016年胶州湾渔业资源捕捞产量下降了64.54%<sup>[32]</sup>, 政府加大管理力度使得人类捕捞强度下降, 鱼类体格有所增长。这也可能与人工增殖放流有关, 许氏平鲈、褐牙鲆、真鲷等是胶州湾海域放流的主要鱼类物种<sup>[33]</sup>, 人工增殖放流丰富了鱼类群落物种组成, 进而影响海域鱼类资源数量的变化。如本次研究捕获了较多的褐牙鲆、许氏平鲈, 渔获质量分别占全年的14.07%、3.96%, 且成为主要的优势种。胶州湾鱼类资源量的变化一定程度上反映了海域生态系统对人类活动干扰的适应性响应。由于关于胶州湾鱼类资源量的研究报道较少, 不能很好地进行比较预测鱼类资源量的演变趋势, 因此, 为了准确了解及预测胶州湾渔业资源演变特征, 今后应在保护海域生态环境的基础上开展连续性调查研究, 研发新技术, 做到经济开发、生态保护与资源利用的可持续发展。

#### 参考文献:

- [1] 徐宾铎, 曾慧慧, 薛莹, 等. 胶州湾近岸浅水区鱼类群落结构及多样性[J]. 生态学报, 2013, 33(10): 3074-3082.
- [2] 马立杰, 杨曦光, 祁雅莉, 等. 胶州湾海域面积变化及原因探讨[J]. 地理科学, 2014, 34(3): 365-369.
- [3] 王文海, 夏东兴, 高兴辰, 等. 中国海湾志(第四分册): 山东半岛南部西部和江苏省海湾[M]. 北京: 海洋出版社, 1993: 257-260.
- [4] 周春艳, 李广雪, 史经昊. 胶州湾近150年来海岸变迁[J]. 中国海洋大学学报, 2010, 40(7): 99-106.
- [5] 张珂, 王朝晖, 冯杰, 等. 胶州湾表层沉积物重金属分布特征及污染评价[J]. 分析测试学报, 2011, 30(12): 1406-1411.
- [6] 刘瑞玉. 胶州湾生态学和生物资源[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 352-379.
- [7] 郭永禄. 胶州湾底播增殖菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)渔业生物学研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2005: 47-49.
- [8] 张明亮. 胶州湾贝类养殖容量研究与分析[D]. 青岛: 国家海洋局第一海洋研究所, 2008: 12-15.



- Zhang M L. The research of carrying capacity of shellfish in the Jiaozhou Bay[D]. Qingdao: The First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, 2008: 12-15 (in Chinese).
- [9] 徐宾铎, 张帆, 梅春, 等. 胶州湾中部海域春、夏季鱼类群落结构特征[J]. 应用生态学报, 2010, 21(6): 1558-1564.
- Xu B D, Zhang F, Mei C, *et al.* Characteristics of fish community structure in the central Jiaozhou Bay in spring and summer[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(6): 1558-1564(in Chinese).
- [10] 曾晓起, 朴成华, 姜伟, 等. 胶州湾及其邻近水域渔业生物多样性的调查研究[J]. 中国海洋大学学报, 2004, 34(6): 977-982.
- Zeng X Q, Piao C H, Jiang W, *et al.* Biodiversity investigation in Jiaozhou Bay and neighbouring waters[J]. Periodical of Ocean University of China, 2004, 34(6): 977-982(in Chinese).
- [11] 杨东方, 高振会, 马媛, 等. 胶州湾环境变化对海洋生物资源的影响[J]. 海洋环境科学, 2006, 25(4): 39-42.
- Yang D F, Gao Z H, Ma Y, *et al.* Influence of environmental change on marine biological resources in Jiaozhou Bay[J]. Marine Environmental Science, 2006, 25(4): 39-42(in Chinese).
- [12] Xue Y, Ren Y, Xu B, *et al.* Length-weight relationships of fish species caught by bottom trawl in Jiaozhou Bay, China[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2011, 27(3): 949-954.
- [13] 曾慧慧, 徐宾铎, 薛莹, 等. 胶州湾浅水区鱼类种类组成及其季节变化[J]. 中国海洋大学学报, 2012, 42(1-2): 67-74.
- Zeng H H, Xu B D, Xue Y, *et al.* Study on fish species composition and seasonal variation in the shallow waters of Jiaozhou Bay[J]. Periodical of Ocean University of China, 2012, 42(1-2): 67-74(in Chinese).
- [14] 翟璐, 韩东燕, 傅道军, 等. 胶州湾及其邻近海域鱼类群落结构及与环境因子的关系[J]. 中国水产科学, 2014, 21(4): 810-821.
- Zhai L, Han D Y, Fu D J, *et al.* Fish community structure and the relationship with environmental factors in Jiaozhou Bay and adjacent waters[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2014, 21(4): 810-821(in Chinese).
- [15] 梅春, 徐宾铎, 薛莹, 等. 胶州湾中部海域秋、冬季鱼类群落结构及其多样性研究[J]. 中国水产科学, 2010, 17(1): 110-118.
- Mei C, Xu B D, Xue Y, *et al.* Fish community structure and species diversity during autumn and winter in the central waters of Jiaozhou Bay[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(1): 110-118(in Chinese).
- [16] 麻秋云, 薛莹, 徐宾铎, 等. 胶州湾12种饵料鱼类耳石大小与体长的关系[J]. 水生生物学报, 2013, 37(3): 481-487.
- Ma Q Y, Xue Y, Xu B D, *et al.* Relationships between otolith size and fish size for twelve prey fish species from Jiaozhou Bay[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2013, 37(3): 481-487(in Chinese).
- [17] 张凤侠. 青岛胶州湾三种平鲈属鱼类的渔业生物学研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015.
- Zhang F X. Study on the fishery biology of three *Sebastes* in Jiaozhou Bay Qingdao[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2015 (in Chinese).
- [18] 梅春. 胶州湾中部海域鱼类群落结构特征及多样性变化研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2010.
- Mei C. Variations in fish community structure and species diversity in the central Jiaozhou Bay[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2010 (in Chinese).
- [19] 国家标准化委员会国家质检总局. 海洋监测规范第3部分: 样品采集、贮存及运输[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 5-26.
- National Standardization Commission, State Administration of Quality Supervision. The specification for marine monitoring-Part3: sample collection, storage and transportation[S]. Beijing: China Standard Press, 2007: 5-26 (in Chinese).
- [20] 国家标准化委员会国家质检总局. 海洋调查规范第9部分: 海洋生态调查指南[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 1-16.
- National Standardization Commission, State Administration of Quality Supervision. Specifications for oceanographic survey-Part9: guidelines for marine ecology survey[S]. Beijing: China Standard Press, 2007: 1-16 (in Chinese).
- [21] 中华人民共和国农业部. 海洋渔业资源调查规范[S]. 北京: 中国农业出版社, 2012: 2-13.
- Ministry of Agriculture of the People's Republic. Technical specification for marine fishery resources survey[S]. Beijing: China Agricultural Press, 2012: 2-13

- (in Chinese).
- [22] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 海洋调查规范: 第6部分: 海洋生物调查: GB/T 12763.6—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Specifications for oceanographic survey: Part 6: marine biological survey: GB/T 12763.6-2007[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008 (in Chinese).
- [23] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- Zhan B Y. Fishery resources assessment[M]. Beijing: Agriculture Press of China, 1995 (in Chinese).
- [24] 孙典荣, 李渊, 王雪辉. 海南岛近岸海域鱼类物种组成和多样性的季节变动[J]. 南方水产科学, 2012, 8(1): 1-7.
- Sun D R, Li Y, Wang X H. Seasonal changes of species composition and diversity of fishes in coastal waters of Hainan Island, China[J]. *South China Fisheries Science*, 2012, 8(1): 1-7(in Chinese).
- [25] Stamoulis A, Torrelee E. The response of the North Sea demersal fish community to changing fishing pressure as seen through the prism of the large fish indicator[J]. *Fisheries Research*, 2016, 181: 222-233.
- [26] 王跃中, 孙典荣, 贾晓平, 等. 捕捞压力和气候变化对东海马面鲀渔获量的影响[J]. 南方水产科学, 2013, 9(1): 8-15.
- Wang Y Z, Sun D R, Jia X P, *et al.* Influence of fishing pressure and climate change on filefish catches in East China Sea[J]. *South China Fisheries Science*, 2013, 9(1): 8-15(in Chinese).
- [27] 邱永松. 南海北部大陆架鱼类群落的区域性变化[J]. 水产学报, 1988, 12(4): 303-313.
- Qiu Y S. The regional changes of fish community on the northern continental shelf of South China Sea[J]. *Journal of Fisheries of China*, 1988, 12(4): 303-313(in Chinese).
- [28] 刘学海, 王宗灵, 张明亮, 等. 基于生态模型估算胶州湾菲律宾蛤仔养殖容量[J]. 水产科学, 2015, 34(12): 733-740.
- Liu X H, Wang Z L, Zhang M L, *et al.* Carrying capacity of manila clam *Ruditapes philippinarum* in Jiaozhou Bay estimated by an ecosystem model[J]. *Fisheries Science*, 2015, 34(12): 733-740(in Chinese).
- [29] 郭臣. 胶州湾围填海造陆生态补偿机制研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012: 18-25.
- Guo C. Study on ecological compensation mechanism of Jiaozhou Bay sea reclamation project[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2012: 18-25 (in Chinese).
- [30] 李岩, 李克强, 马云鹏, 等. 胶州湾石油类污染状况及其环境自净能力评估[J]. 中国海洋大学学报, 2016, 46(2): 83-89.
- Li Y, Li K Q, Ma Y P, *et al.* Pollution condition and estimation of self-purification capacity of petroleum in Jiaozhou Bay[J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2016, 46(2): 83-89(in Chinese).
- [31] Han D Y, Xue Y, Ren Y P, *et al.* Spatial and seasonal variations in the trophic spectrum of demersal fish assemblages in Jiaozhou Bay, China[J]. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2015, 33(4): 934-944.
- [32] 青岛市统计局. 青岛统计年鉴2017[M]. 北京: 中国统计出版社, 2017.
- Qingdao Statistical Bureau. Qingdao statistical yearbook 2017[M]. Beijing: China Statistics Press, 2017 (in Chinese).
- [33] 陈颖. 山东省渔业资源增殖放流现状及前景分析[D]. 烟台: 烟台大学, 2017: 13-36.
- Chen Y. Analysis of the present situation and prospects of the fishery resources enhancement in Shandong Province[D]. Yantai: Yantai University, 2017: 13-36 (in Chinese).

## Tempo-spatial distribution characteristics of fish resources in Jiaozhou Bay

XU Shannan <sup>1\*</sup>, GUO Jianzhong <sup>1,2</sup>, CHEN Zuozhi <sup>1</sup>, ZHANG Kui <sup>1</sup>,  
XU Youwei <sup>1</sup>, CAI Yancong <sup>1</sup>, LI Chunhou <sup>1</sup>

(1. *Key Laboratory of South China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Key Laboratory of Fishery Ecology and Environment, Guangdong Province, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;*

2. *Laboratory of Fishery and Oceanography, College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China*)

**Abstract:** In order to understand the tempo-spatial distributions of fish resources in Jiaozhou Bay, we conducted four surveys on the fishery resources in Jiaozhou Bay by the underlying single trawl in 2016 and 2017. The surveyed results showed that there existed obvious differences in the seasonal variations in the density of fish resources. Individual density of fish resources was the highest in summer (233 427 ind/km<sup>2</sup>), followed by those in winter (40 746 ind/km<sup>2</sup>) and autumn (32 246 ind/km<sup>2</sup>), while that in spring was the lowest (18 080 ind/km<sup>2</sup>). Mass density of fish resources in winter was the highest (1 593.16 kg/km<sup>2</sup>), followed by those in summer (825.55 kg/km<sup>2</sup>) and spring (681.96 kg/km<sup>2</sup>), while that in autumn was the lowest (337.91 kg/km<sup>2</sup>). Among them, the average weight of fish in winter was the highest (39.10 g), followed by those in spring (37.72 g) and autumn (10.48 g), while that in summer (3.54 g) was the lowest. Compared with the historically surveyed data, the fish resources in Jiaozhou Bay have shown a significant downward trend during the past 30 years. The fish resource density (1 593.16 kg/km<sup>2</sup>) was lower than that in 1981—1982 (10 857.00 kg/km<sup>2</sup>) and 2008—2009 (2 196.00 kg/km<sup>2</sup>); the average individual mass of fish was 10.60 g, which was lower than that in 1981—1982 (37.70 g). There existed a trend of miniaturization and low-quality in the structure of fish community in Jiaozhou Bay. These changes may have been mainly caused by destruction of fish habitat and the deterioration of the ecological environment of the sea due to human activities.

**Key words:** fish resources; tempo-spatial distribution; miniaturization; human activities; Jiaozhou Bay

**Corresponding author:** XU Shannan. E-mail: xushannan@scsfri.ac.cn

**Funding projects:** National Key R & D Program of China (2018YFD0900902); National Basic Research Program of China (2015CB452904)