

文章编号: 1674-5566(2017)04-0588-09

DOI:10.12024/jso.20161001874

基于拖网调查的海州湾南部鱼类群落结构分析

张 虎¹, 贲成恺¹, 方 舟², 袁健美¹, 于雯雯¹, 高继先¹, 刘必林^{2,3,4,5}

(1. 江苏省海洋水产研究所, 江苏 南通 226007; 2. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 3. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 4. 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306; 5. 远洋渔业协同创新中心, 上海 201306)

摘 要: 根据 2014 年 2 月至 2015 年 5 月对江苏省连云港以东海州湾南部海域共 24 个站点进行的 4 个航次的拖网渔业资源调查, 对渔获物中的鱼类进行分类鉴定, 分析了该海域的鱼类种类组成和资源密度时空分布情况。分析结果认为, 海州湾南部连云港海域的渔获共有 2 纲 15 目 47 科 77 属 98 种, 主要为鲈形目、鲷形目、鲹形目和鲱形目的种类, 鲈形目的种类在不同季节中除了冬季外, 均超过了总数的 50%, 不同站点的鱼类种类分布也呈现出不同的规律, 但是在统计上不存在差异 (ANOVA, $P < 0.01$); 每个季节的优势种均不超过 4 种, 春季和冬季以中上层的小型鱼类为主, 夏季和秋季以经济性鱼类为主, 春季的重量资源密度最高, 夏秋季其次, 最低为冬季; 而冬季的数量资源密度最高, 其次为春夏季, 秋季最低, 相对资源密度在离岸站点和沿岸站点有所不同, 但不同季节和不同站点均不存在差异。春季渔获物多样性指数最高, 其次为夏秋季, 冬季最低, 不同站点的多样性指数不存在差异, 但是不同季节对不同站点的影响存在显著差异。目前海州湾海域的渔业资源量稳定, 但是捕捞过度和人为因素的影响仍在持续, 今后应该继续执行休渔制度, 限定最小网目, 同时合理适度地开发新兴鱼种渔业, 更好地保护和利用海洋生物资源。

关键词: 海州湾; 鱼类; 渔业资源; 时空分布; 多样性

中图分类号: S 932.4 **文献标志码:** A

海州湾海域位于黄海南部, 属典型的开放型海湾, 具有明显季风气候特点。湾内海流受到多条近海海流的影响^[1-2], 因此该海域内水质优良, 具有丰富的生物资源和较高的生产力, 曾是中国著名的八大渔场之一, 也是国家重点扩建的海洋渔港之一^[3-4]。然而近年来的掠夺式捕捞和环境污染对许多鱼类的栖息地造成了严重的破坏, 因此海州湾的渔业资源衰退日益严重^[5]。目前国内已有多所科研机构开展了针对海州湾的渔业资源调查, 并且取得了较好的成果^[6-7]。而最近针对于海州湾的调查也在 2011 年^[8], 近年来针对海州湾渔业资源的关注度也在不断提升, 随着环境的变化, 渔业资源也会受到较大的影响。因此, 该海域渔业资源的跟踪监测是深入了解鱼类的种类组成、密度分布等基本群落生态特征的重要内容, 将为渔业资源的持续开发和管理提供科

学依据。

1 材料与方法

1.1 调查区域及站点

本研究中的调查资料来源于江苏省海洋水产研究所于 2014—2015 年不同季节 [2014 年 2 月 (冬季)、8 月 (夏季)、10 月 (秋季) 和 2015 年 5 月 (春季)] 在江苏省连云港市以东海州湾南部区域进行的 4 个航次调查。调查共设站点 24 个, 分布如图 1。其中邻近海岸站点 19 个, 离岸站点 6 个 (1, 2, 5, 14, 22, 23)。

1.2 调查船渔具及作业参数

调查船为“苏如渔 0215 号”, 主机功率 202 kW; 调查渔具针对调查海域水深、底质状况定制的单船底层有翼单囊拖网, 网具主尺度 125.3 m × 59.0 m, 网囊长 6.1 m、网目尺寸 20

收稿日期: 2016-10-04 修回日期: 2017-03-31

基金项目: 国家自然科学基金(41306127); 农业公益行业专项(201203065); 财政资金项目(计[2014]11 号)

作者简介: 张 虎(1980—), 男, 副研究员, 研究方向为海洋生态与环境。E-mail: ahu80@163.com

通信作者: 刘必林, E-mail: bl-liu@shou.edu.cn

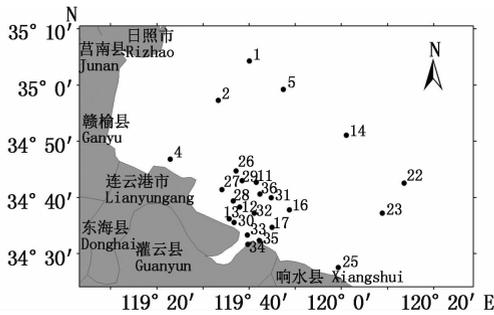


图 1 海州湾南部连云港海域调查站点图

Fig. 1 Sampling station of survey in south of Haizhou Bay

mm,基本浮沉力配备 90 kg;网板为钢质矩形 1.6 m × 1.0 m。作业期间平均渔船拖速为 3.0 kn,站位拖曳时间设定 1 h,在白天进行作业调查。拖曳时视水深、流速等具体情况适时调整浮沉力、拖速、曳纲长度等参数,以确保网具性能发挥。

1.3 数据分析

对每网调查的渔获物中的鱼类进行分类系统整理,然后统计渔获质量和尾数,记录网产量,并对每个物种进行生物学测定,记录体长、体质量、成幼体数量等数据。

优势种、相对资源密度和物种多样性的分析方法如下:

(1) Pinkas 相对重要性指数 (IRI)^[9]

$$IRI = (N + W) \times F \quad (1)$$

式中: N 为某种类的尾数占总渔获尾数的百分比; W 为某种类的质量占总渔获质量的百分比; F 为某种类在调查中被捕获的站位数与总调查站位数之比。 IRI 用以分析该海域调查渔获物的优势度。本文中相对重要性指数(IRI)范围参考前人的研究,采用的划分标准为: IRI 大于 1 000 的种类为优势种^[10]。

(2) 相对资源密度。本研究中采用面积法^[11],计算各个站点的重量相对资源密度和数量相对资源密度,计算方法执行中华人民共和国水产行业标准(SC/T9110—2007)^[12]:

$$D = \frac{C}{(1 - E) \times A} \quad (2)$$

式中: D 为渔业资源密度(ind/km²或 kg/km²); C 为平均每小时拖网渔获量[尾/(网·h)或 kg/(网·h)]; A 为每小时网具取样面积(km²/网·h); E 为网具逃逸率^[7],其中,底层鱼类取 0.5,中

底层鱼类取 0.4,中上层鱼类取 0.3。

(3) 海域鱼类物种多样性指数采用 Margalef 物种丰富度指数^[13]:

$$M = (S - 1) \ln N \quad (3)$$

式中: S 为种类总数; N 为总的尾数。

(4) 由于每个季节数据量较少,且并不符合正态分布,因此使用多独立样本非参数检验(Kruskal-Wallis 秩和检验)来分析不同季节/不同站点捕获种类、质量/数量资源密度和物种多样性的差异。同时利用双因素秩和检验研究不同季节和不同站点对物种多样性的差异交互作用。

2 结果与分析

2.1 种类组成及分布

2.1.1 种类组成

分类统计结果表明,本调查共采集鱼类 2 纲 15 目 47 科 77 属 98 种,其中,鲈形目(Perciformes)种类最多,为 17 科 32 属 41 种,占有出现种类数的 41.84%,如鲟虎鱼科(Gobiidae)和石首鱼科(Sciaenidae)等;其次为鲉形目(Scorpaeniformes)和鲾形目(Pleuronectiformes),分别为 7 科 10 属 11 种和 3 科 5 属 11 种,均占有出现种类数量的 11.22%,如鲉科(Scorpaenidae)和舌鳎科(Cynoglossidae)等;鲱形目(Clupeiformes)为 2 科 7 属 9 种,占有出现种类数的 9.18%,另有其他鱼类分属鳗鲡目(Anguilliformes),鲮形目(Mugiliformes),鲀形目(Tetraodontiformes)等,种类均不超过 5 种。

2.1.2 季节分布状况

不同季节调查所获得的渔获物各有不同(表 1)。其中可以发现,夏季所获的种类最多,冬季最少,其中四季共有种为 30 种,分布在 7 目 20 科 27 属中。选取种类最多的 4 个目,对其不同季节的分布进行分析。结果发现,鲈形目的种类除了冬季外,在其他 3 个季节所占的比例均超过了 50%,其中秋季最多,为 24 种,冬季最少,为 15 种;鲱形目种类在夏秋季均占当季种类的 14%,春季最少,占 12%;鲉形目和鲾形目鱼类所占比例相对较低,都在 7% ~ 15% 的范围之内。Kruskal-Wallis 秩和检验比较结果可以看出,各个季节的种类分布情况存在显著差异($\chi^2 = 33.966$, $P < 0.01$)。

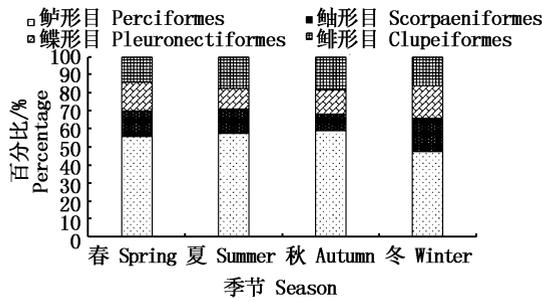


图2 不同季节渔获鱼类的分类阶元
Fig.2 Seasonal distribution of different fish species from different orders

2.1.3 站点鱼类种类分布状况

从24个站点的分布情况来看,所获得的渔获物鱼类种类都有较大差异。春季鱼类种类较多

的站点主要集中在沿岸地区,而最多种类站点为离岸海域的14号站点,有16种;最少的为31号站点,仅5种;夏季鱼类种类最多的站点在沿岸,为13、25、32和35号站点,为12种,最少的为14号站点,仅4种;秋季所捕获种类最多的站点在离岸海域,为2和14号站点,为15种;最少的为5号站点,仅3种;冬季所捕获种类最多的站点为沿岸的17号站点,有8种;最少的为2号站点,仅有1种;季节间的差异很大(图3)。而沿岸站点和离岸站点种类差异也很大,但是经过统计分析发现,沿岸站点和离岸站点之间不存在显著差异($\chi^2 = 2.003, P > 0.05$)。从Kruskal-Wallis秩和检验结果来看,不同站点捕获的鱼类种类不存在显著差异($\chi^2 = 16.543, P > 0.05$)

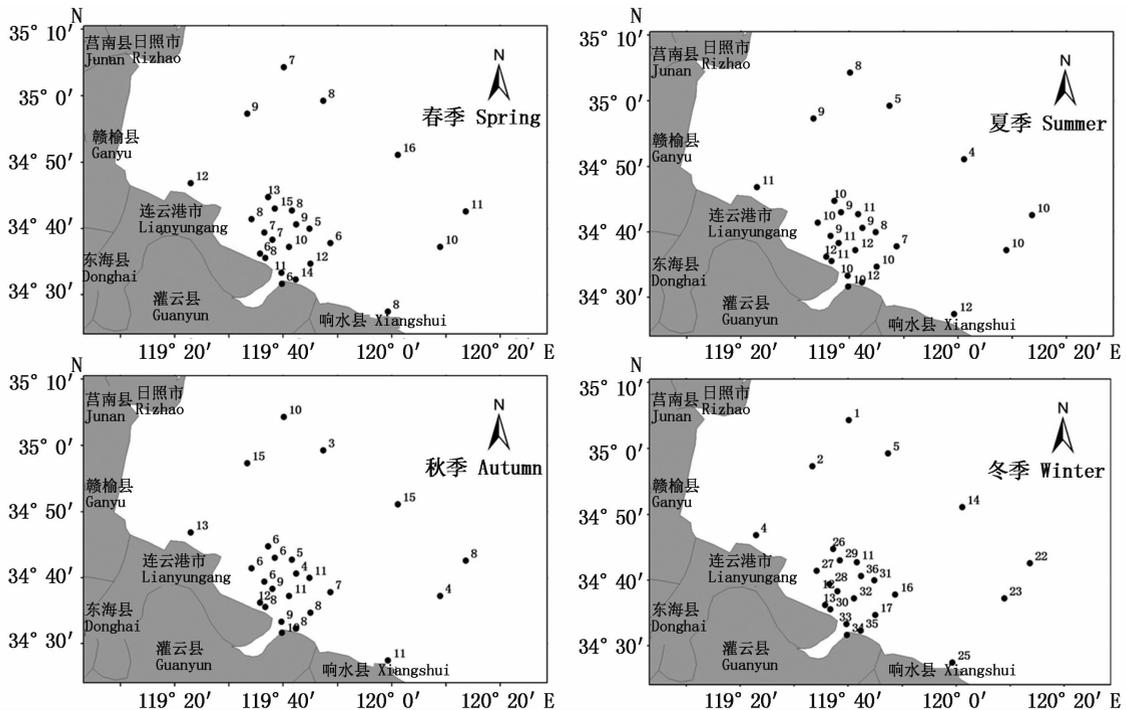


图3 海州湾南部连云港海域各站点种类分布

Fig.2 Species distribution of every sampling station in south of Haizhou Bay

2.2 优势种季节分布差异

4个不同季节航次的调查结果显示,每个季节的优势种均不超过4种,且各季节优势种有部分重叠,也有所不同,有较明显的季节更替现象。春、夏季均出现了斑鲆(*Konosirus punctatus*),而夏、秋季均出现了银鲳(*Pampus argenteus*)。夏季的优势种类最多,为4种,除了斑鲆和银鲳外,还有小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)和拉氏狼牙虾虎

鱼(*Odontamblyopus lacepedii*);其次为春季和秋季,春季除了斑鲆外,还有青鳞小沙丁鱼(*Herengula zunasi*)和赤鼻棱鲷(*Thryssa kammalensis*),秋季除了银鲳,还有黄鲫(*Setipinna taty*)和棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*);冬季的优势种最少,仅有两种,为大银鱼(*Protosalanx hyalocranius*)和中国花鲈(*Lateolabrax maculatus*)。而冬季出现优势种大银鱼的 IRI 指

数最高,为 15 281.17,在该季节的所有站点均有捕获,夏季的银鲳出现率也高达 95.83%;春季

出现的青鳞小沙丁鱼的数量密度高达 12 924.51 ind/km²,捕获量非常高。

表 1 海州湾南部海域不同季节鱼类优势种

Tab.1 Dominant species in the south of Haizhou bay in different seasons

季节 Season	优势种 Dominant species	质量密度 /(kg/km ²) Weight index	数量密度 /(ind/km ²) Individual index	出现率/% Occurrence	N/%	W/%	IRI
春季 Spring	青鳞小沙丁鱼 <i>Herengula zunasi</i>	126.4	1 2924.5	58.3	45.0	35.2	4 677.7
	赤鼻棱鯨 <i>Thyrssa kammalensis</i>	31.7	6512.1	83.3	25.7	10.1	2 979.1
	斑鲳 <i>Konosirus punctatus</i>	47.2	2331.1	70.8	8.8	14.0	1 618.9
夏季 Summer	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	74.3	7936.5	87.5	31.5	24.9	4 928.8
	银鲳 <i>Pampus argenteus</i>	55.3	3762.0	95.8	14.9	18.5	3 202.7
	拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus lacepedii</i>	53.0	3924.0	79.2	15.6	17.7	2 636.3
秋季 Autumn	斑鲳 <i>Konosirus punctatus</i>	40.9	2916.0	54.2	11.6	13.7	1 366.9
	黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	21.9	6450.6	66.7	37.8	13.0	3 385.7
	银鲳 <i>Pampus argenteus</i>	11.1	2407.8	75.0	15.9	7.3	1 741.8
冬季 Winter	棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	19.5	1376.9	58.3	6.6	11.5	1 056.6
	大银鱼 <i>Protosalanx hyalocranium</i>	118.7	4 5681.9	100.0	98.4	54.4	1 5281.2
	中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	74.3	88.8	75.0	0.2	33.0	2 490.0

2.3 相对资源密度的时空分布差异

对海州湾南部海域的相对资源密度估算结果认为,4个季节鱼类的质量相对资源密度分别为:春季(14.16 ± 3.23) kg/km²,夏季(12.15 ± 2.67) kg/km²,秋季(8.75 ± 1.59) kg/km²,冬季(9.42 ± 2.73) kg/km²;对应的尾数相对资源密度分别为:春季(1 122.71 ± 235.43) ind/km²,夏季(1 053.94 ± 306.78) ind/km²,秋季(935.94 ± 147.15) ind/km²,冬季(1 936.45 ± 287.89) ind/km²;季节分布上来看,除了冬季以外,质量相对资源密度和尾数相对密度的变化有着较高的一致性。Kruskal-Wallis 秩和检验分析认为,各个季节质量相对资源密度不存在显著差异($\chi^2 = 7.225, P > 0.05$),而尾数相对密度则存在显著差异($\chi^2 = 12.931, P < 0.05$)。

从空间分布上来看,近岸和其他站点的平均质量相对资源密度有着较大的不同。春季的质量资源密度分布比较分散,在近岸的4、17、32和36号站点的资源密度较大,最大值在17号站点,为100.15 kg/km²,离岸的1号站点的质量资源密度最低,为2.43 kg/km²;夏季的质量资源密度在近岸和离岸都有所分布,最高的资源密度站点在26号,为21.06 kg/km²,相对近岸的36号站点资源密度最小,为4.56 kg/km²;秋季在离岸的站点相对较高,最高的站点是14号,为

20.31 kg/km²,最低的站点是11号,为3.93 kg/km²;冬季的质量相对密度最低,主要分布在近岸地区,其中最高密度在28号站点,为21.38 kg/km²,最低值出现在离岸海域的23号站点,为3.01 kg/km²。Kruskal-Wallis 秩和检验分析认为,各个站点质量相对资源密度($\chi^2 = 15.148, P > 0.05$)不存在差异。

近岸和其他站点的数量相对资源密度有着较大的不同。春季的数量资源密度分布如图5,在近岸的4、17和32号站点的资源密度较大,最大值在17号站点,为12 387 ind/km²,4号和32号站点的数量资源密度都超过3 000 ind/km²,最南面的近岸25号站点的资源密度数量最低,为30 ind/km²;夏季的数量资源密度主要在近岸分布,而最高的资源密度站点则在离岸的23号,为2 283 ind/km²,相邻近的5号站点资源密度最小,为156 ind/km²;秋季在近岸的站点相对较高,最高的站点是32号,为4 714 ind/km²,最低的站点是13号,为253.5 ind/km²;冬季的数量相对密度均较高,在近岸和离岸均有分布,其中最高密度在4号站点,为3 486 ind/km²,最低值出现在近岸海域的32号站点,为871 ind/km²。Kruskal-Wallis 秩和检验分析认为,各个站点数量相对密度($\chi^2 = 20.654, P > 0.05$)不存在差异。

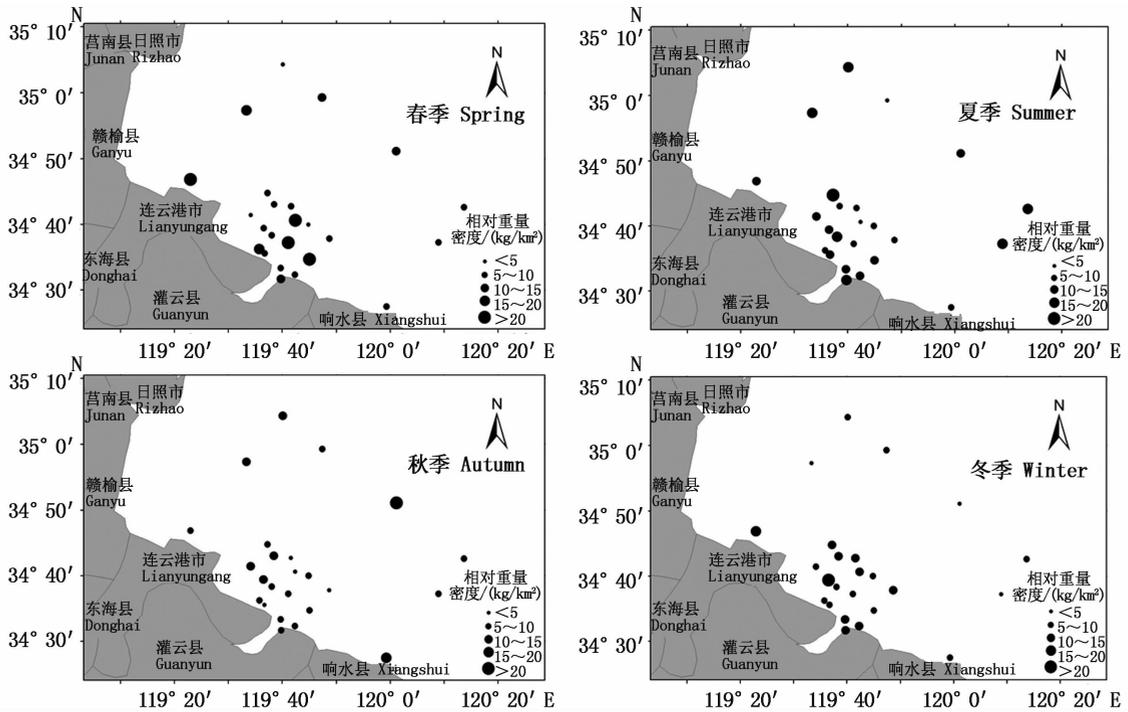


图 4 海州湾南部连云港海域各站点质量密度分布

Fig. 4 Spatial distribution of weight density in south of Haizhou Bay

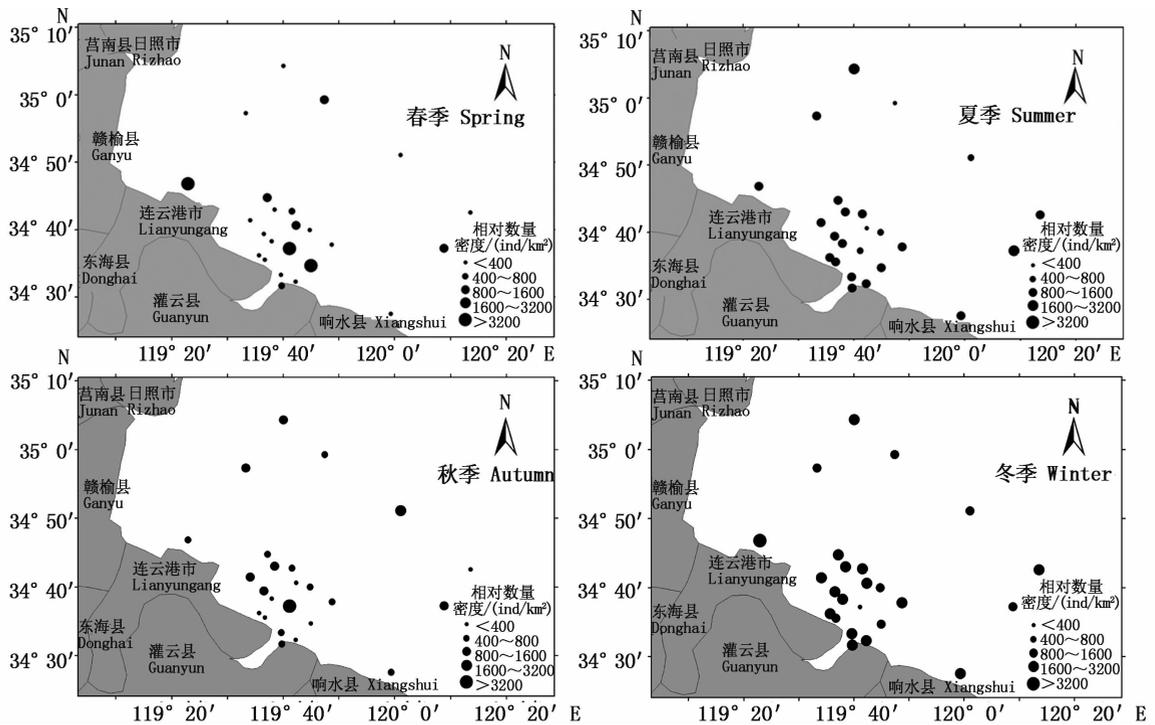


图 5 海州湾南部连云港海域各站点数量密度分布

Fig. 5 Spatial distribution of individual density in south of Haizhou Bay

2.4 多样性指数

相较于其他季节,春季的 Margalef 物种丰富度

指数 M 最高,24 个站点的平均指数为 1.43 ± 0.05 ,其次为夏季和秋季,分别为 1.27 ± 0.03 和

1.11 ± 0.05 , 冬季最低, 为 0.57 ± 0.29 。通过 Kruskal-Wallis 秩和检验比较, 认为四个季节的物种丰度有着显著差异 ($\chi^2 = 40.004, P < 0.01$)。两两比较中发现, 春季和秋季之间在物种丰富上存在差异 ($P < 0.05$), 而冬季和其他 3 个季节的物种丰度均存在显著差异 ($P < 0.01$)。

站点之间比较来看, 统计分析认为, 各个站点之间的物种丰度指数不存在差异 (Kruskal-Wallis 秩和检验, $\chi^2 = 15.343, P > 0.05$)。而考虑到季节的因素, 双因素分析认为不同季节的站点之间物种丰度指数有着显著差异 ($P < 0.05$)。

3 讨论

我国沿岸海域在历史上是著名的渔场, 有着丰富的渔业资源, 而海州湾也是黄海海域多种鱼类和经济无脊椎动物重要的产卵场、索饵场和渔业生产渔场。上世纪 80 年代也做过类似本研究的渔业调查, 数据显示当时所捕获的鱼类多达 150 种, 隶属 17 目 73 科 119 属^[1]; 2008 年在相同海域所做的调查, 仅有 28 种鱼类^[6]; 而在 2011 年海州湾的渔业资源调查中, 捕获鱼类 96 种, 隶属 2 纲 13 目 44 科 71 属^[8]。本研究调查中, 捕获的鱼类种类 98 种, 隶属于 2 纲 15 目 47 科 77 属 98 种。由于 2008 年的调查仅覆盖了春季和秋季, 并不能很好地反映该海域的鱼类组成数量, 因此可比较性弱^[6]。从结果来看, 本研究的渔业调查所获得的种类数相较于 20 世纪 80 年代有所减少, 而与 2011 年的调查种类相当。本研究相比 2011 年的调查, 范围有所减小, 但是种类却没有太大的变化, 可以认为近些年海州湾地区的栖息环境适宜多种鱼类的生存; 另一方面, 历史上部分调查到的鱼类并没有重新发现, 且本次调查中的鱼类组成大多都集中在鲈形目、鲱形目、鲉形目和鲽形目等鱼类中, 也反映出在海州湾及邻近海域长时间以来人为活动的不断加强 (包括高强度捕捞和沿岸带开发^[14]), 使得水生动物的栖息地减少, 海洋生境遭到破坏, 某些种类较少的门类消失, 因此也是造成鱼类种类减少的原因之一。

优势种的变化在不同的季节中有着显著不同。海州湾的鱼类主要有冷温性、暖温性和暖水性鱼类, 同时所处的水层在中上层和底层均有分布^[3, 15]。本研究中, 春季所出现的种类均为中上层的小型浮游生物食性和碎屑食性鱼类, 夏季和

秋季出现了该海域的主要经济鱼种, 如中上层的银鲳和底层的小黄鱼和棘头梅童鱼等^[16-17], 说明目前海州湾作为我国近海重要经济鱼种的产卵场仍然保持了适宜的栖息环境, 而拉氏狼牙虾虎鱼等低价值的物种也逐渐成为了优势种, 尤其是冬季大银鱼的极大量的出现, 几乎出现在了所有站点, 覆盖了调查的所有海域, 也表明了该地区的低营养级物种大幅增多^[18-19]。捕捞过度可能驱使生态系统发生变化, 使得大量低营养级物种失去原有捕食者, 从而大量繁殖。同时本研究结果也给我们开发其他鱼类提供了参考依据。如银鱼是一种经济价值较高的小型鱼种, 主要分为海栖型和陆封型两种, 目前海栖型的种类并未得到充分开发。近期有报道江苏近岸的渔民利用类似定置张网的网具来捕捞银鱼, 并取得了较好的效果^[20]。因此, 今后在关注海洋环境保护的同时, 也可以适当地开发一些有经济价值的新兴鱼种, 使得渔业资源得到充分利用。

本研究中通过 4 个季节的调查可以发现, 虽然夏季所捕获的种类最多, 也有着最多的优势种, 同时种类的分布站点也相对较为均匀, 但是春季的资源密度最高 (冬季虽然数量资源密度高, 但是都集中在大银鱼一种鱼种), 且多样性也最为丰富。之前有调查认为, 海州湾海域春季的鱼类数量资源密度高于其他季节, 而秋季的质量资源密度更大, 这与本研究的结果有所不同^[6], 这也可能是由于不同年份所产生的差异。目前, 由于我国的沿岸施行禁渔期制度, 每年的 6、7 两个月均为禁渔期, 因此主要捕捞的时期均在 5 月份前及 8 月之后。由于本研究中春季为 5 月份, 相比较于秋季的 10 月份, 海域的环境在水温等方面更适宜鱼类生长, 因此本研究中春季的重量资源密度也高于秋季。海州湾附近的海洋环境因素会对鱼类的栖息和摄食等产生很大的影响^[3]。而本研究中的夏季为 8 月份, 正值禁渔期刚刚结束, 理应有更多的鱼类经历了 2 个月的摄食及生长而质量高于春季的个体, 但 2015 年为罕见的厄尔尼诺年份, 海水温度经历了较大的变化, 这对鱼类的生长和摄食造成了重大的影响^[21], 因此调查并未发现夏季的资源密度高于春季, 而后续的秋季和冬季的质量资源密度的进一步降低, 也反映出了海域环境的异常变化, 因此不同的年份也会对结果产生影响。春季 (2015 年

5月)所出现的较高资源密度,也是气候变化对渔业资源的影响所造成的结果。本研究中不同站点捕获的种类和资源密度均不存在差异,可能是由于调查的区域相对较小,因此鱼类的生境也类似,因而不存在差异。

多样性指数常常可以反映出某一地区生物种类的丰富程度,也是反映群落的特征指标之一^[22-23]。本研究中 Margalef 物种丰富度指数最高的出现在春季,且与秋冬季的丰度指数存在显著差异。而不同季节不同站点的丰度指数也存在差异。当丰度指数偏低时,可能是由于环境收到污染等影响造成了栖息地的破坏,因而使得一些物种无法在该海域生存。这种情况在之前的调查中也有发现。在海州湾连云港海域,存在较多的养殖场,同时也有一些大型的海洋工程设施(如田湾核电站),这些人为因素都对海洋环境造成了极大的影响^[6],出现了冬季丰度指数不足1的情况。

本研究通过对海州湾连云港海域4个季度的渔业资源调查,分析捕获鱼类的组成、资源密度分布以及多样性,较好地了解了该海域最新的渔业资源状况。本研究中出现较多的经济鱼种说明,夏季休渔制度对该海域的渔业资源恢复起到了很大的作用,同时大量出现的低价值小型鱼类和鱼类多样性下降的情况仍然存在,也说明资源的保护和恢复是一项长期的工作。在今后,应该继续执行夏季休渔制度,同时需要限定网具的最小尺寸,避免渔业资源的进一步破坏。另外,针对海栖型大银鱼的大量出现,也应当对该物种进行适当的利用,加以引导开发新兴鱼种,更全面地保护和管理该地区的渔业资源。

参考文献:

- [1] 王文海, 夏东兴, 高兴辰, 等. 中国海湾志—第四分册—山东半岛南部和江苏省海湾[M]. 北京: 海洋出版社, 1993.
- WANG W H, XIA D X, GAO X C, et al. Chinese Bay-IV [M]. Beijing: Ocean Press, 1993.
- [2] 郭炳火, 黄振宗, 李培英, 等. 中国近海及邻近海域海洋环境[M]. 北京: 海洋出版社, 2004.
- GUO B H, HUANG Z Z, LI P Y, et al. Ocean Environment in Chinese Near Shore and Adjacent Area [M]. Beijing: Ocean Press, 2004.
- [3] 苏巍, 薛莹, 任一平. 海州湾海域鱼类分类多样性的时空变化及其与环境因子的关系[J]. 中国水产科学, 2013, 20(3): 624-634.

- SU W, XUE Y, REN Y P. Temporal and spatial variation in taxonomic diversity of fish in Haizhou Bay: The effect of environmental factors [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2013, 20(3): 624-634.
- [4] 章守宇, 张焕君, 焦俊鹏, 等. 海州湾人工鱼礁海域生态环境的变化[J]. 水产学报, 2006, 30(4): 475-480.
- ZHANG S Y, ZHANG H J, JIAO J P, et al. Change of ecological environment of artificial reef waters in Haizhou Bay [J]. Journal of Fisheries of China, 2006, 30(4): 475-480.
- [5] 陈灵芝. 中国的生物多样性——现状及其保护对策[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- CHEN L Z. Biodiversity in China—Current Status and Protection Strategy [M]. Beijing: Science Press, 1993.
- [6] 唐峰华, 沈新强, 王云龙. 海州湾附近海域渔业资源的动态分析[J]. 水产科学, 2011, 30(6): 335-341.
- TANG F H, SHEN X Q, WANG Y L. Dynamics of fisheries resources near Haizhou bay waters [J]. Fisheries Science, 2011, 30(6): 335-341.
- [7] 唐衍力, 齐广瑞, 王欣, 等. 海州湾近岸张网渔获物种组成和资源利用现状分析[J]. 中国海洋大学学报, 2014, 44(7): 29-38.
- TANG Y L, QI G R, WANG X, et al. Catch composition of the set-net along the coastal water and resource utilization analysis of Haizhou Bay [J]. Periodical of Ocean University of China, 2014, 44(7): 29-38.
- [8] 王小林, 徐宾铎, 纪毓鹏, 等. 海州湾及邻近海域冬季鱼类群落结构及其与环境因子的关系[J]. 应用生态学报, 2013, 24(6): 1707-1714.
- WANG X L, XU B D, JI Y P, et al. Fish community structure and its relationships with environmental factors in Haizhou Bay and adjacent waters of East China in winter [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2013, 24(6): 1707-1714.
- [9] PIANKA E R. Ecology of the agamid lizard *Amphibolurus isolepis* in Western Australia [J]. Copeia, 1971, 1971(3): 527-536.
- [10] 王雪辉, 杜飞雁, 邱永松, 等. 1980—2007年大亚湾鱼类物种多样性、区系特征和数量变化[J]. 应用生态学报, 2010, 21(9): 2403-2410.
- WANG X H, DU F Y, QIU Y S, et al. Variations of fish species diversity, faunal assemblage, and abundances in Daya Bay in 1980-2007 [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(9): 2403-2410.
- [11] 郑元甲, 陈雪忠, 程家骅, 等. 东海大陆架生物资源与环境[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2003.
- ZHENG Y J, CHEN X Z, CHENG J H, et al. The Biological Resources and Environment in Continental Shelf of East China Sea [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2003.
- [12] 中华人民共和国农业部. SC/T 9110-2007 建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程[S]. 北京: 中国农业出版

- 社, 2008.
- The ministry of agriculture of the People's Republic of China. SC/T 9110-2007 Technical regulations for impact assessment of construction projects on marine living resources [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2008.
- [13] NAEEM S. Disentangling the impacts of diversity on ecosystem functioning in combinatorial experiments [J]. *Ecology*, 2002, 83(10): 2925-2935.
- [14] 王在峰. 海州湾海洋特别保护区生态恢复适宜性评估 [D]. 南京: 南京师范大学, 2011.
- WANG Z F. Research on ecological recovery suitability assessment for Haizhou Bay special marine reserves [D]. Nanjing: Nanjing Normal University, 2011.
- [15] 倪勇, 伍汉霖. 江苏鱼类志 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- NI Y, WU H L. Fishes of Jiangsu Province [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2006.
- [16] 丁峰元, 林龙山, 李建生, 等. 东海区北部小黄鱼生殖群体分布及与水团关系 [J]. *自然资源学报*, 2007, 22(6): 1013-1019.
- DING F Y, LIN L S, LI J S, et al. Relationship between redlip croaker (*Larimichthys polyactis*) spawning stock distribution and water masses dynamics in northern East China Sea region [J]. *Journal of Natural Resources*, 2007, 22(6): 1013-1019.
- [17] 李长松. 鲳类在东海大陆架生物资源与环境 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2003: 379-388.
- LI C S. The Resources and Environment of in Continental Shelf of East China Sea [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2003: 379-388.
- [18] 程家骅, 丁峰元, 李圣法, 等. 夏季东海北部近海鱼类群落结构变化 [J]. *自然资源学报*, 2006, 21(5): 775-781.
- CHENG J H, DING F Y, LI S F, et al. Changes of fish community structure in the coastal zone of the northern part of east china sea in summer [J]. *Journal of Natural Resources*, 2006, 21(5): 775-781.
- [19] 刘勇, 李圣法, 程家骅. 东海、黄海鱼类群落结构的季节变化研究 [J]. *海洋学报*, 2006, 28(4): 108-114.
- LIU Y, LI S F, CHENG J H. A study on seasonal CHANGES of the fish communities in the East China Sea and the Huanghai Sea [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2006, 28(4): 108-114.
- [20] 汤晓鸿, 仲霞铭, 高银生. 江苏沿海银鱼捕捞业 [J]. *现代渔业信息*, 2010, 25(11): 21-22.
- TANG X H, ZHONG X M, GAO Y S. Marine fishing industry of Chinese Icefish (*Salangidae*) in coastal area of Jiangsu Province [J]. *Modern Fisheries Information*, 2010, 25(11): 21-22.
- [21] 佚名. 厄尔尼诺不断增强 海洋生物遭遇饥荒 [J]. *水产养殖*, 2015(12): 52.
- NULL. The stronger El-Nino, the more starvation for marine organism [J]. *Aquaculture*, 2015(12): 52.
- [22] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I—— α 多样性的测度方法(上) [J]. *生物多样性*, 1994, 2(3): 162-168.
- MA K P. Measurement of biotic community diversity I—— α diversity (Part 1) [J]. *Chinese Biodiversity*, 1994, 2(3): 162-168.
- [23] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I—— α 多样性的测度方法(下) [J]. *生物多样性*, 1994, 2(4): 231-239.
- MA K P. Measurement of biotic community diversity I—— α diversity (Part 2) [J]. *Chinese Biodiversity*, 1994, 2(4): 231-239.

The composition of fish community in south Haizhou Bay based on the trawling survey

ZHANG Hu¹, BEN Chengkai¹, FANG Zhou², YUAN Jianmei¹, YU Wenwen¹, GAO Jixian¹, LIU Bilin^{2,3,4,5}

(1. Marine Fisheries Research Institution of Jiangsu, Nantong 226007, Jiangsu, China; 2. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. National Distant-water Fisheries Engineering Research Center, Shanghai 201306, China; 4. The Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai 201306, China; 5. Collaborative Innovation Center for Distant-water Fisheries, Shanghai 201306, China)

Abstract: According to the four cruises of fisheries survey conducted in south Haizhou bay, eastward of Lianyungang in Jiangsu Province, all the catch fish species from bottom trawl of 24 stations were identified to species level, and the spatial and temporal distributions of species composition were analyzed. The results showed that 98 species were collected from the south Haizhou bay, involving 2 class, 15 orders, 47 families and 77 genera. Most of the fish species belong to Perciforme, Scorpaeniforme, Pleuronectiformes and Clupeiforme. More than 50% of the total species belong to Perciforme in different seasons except for winter, different stations also showed different patterns in species composition, although difference was not tested in statistical analysis; the dominant species were less than four species in every season, pelagic species dominated in spring and winter, and commercial species were commonly dominated in summer and autumn. The highest weight density occurred in spring, then summer and autumn, winter is the lowest; however, the highest individual density occurred in winter, followed by spring and summer, and autumn was the lowest. The density differences between near-shore and off-shore were also revealed in this study without any statistical difference. Margalef diversity index was analyzed with highest value in spring, followed by summer and autumn, winter had a relatively low species composition. The value of indices showed different patterns in different stations without significant difference. The protection of fisheries resources in Haizhou bay has been kept at a stable level. Closed fishing system should be maintained and the minimum net size should also be limited. Sustainably developing some novel fisheries should be considered to better utilize the marine resources.

Key words: Haizhou Bay; fish; fisheries resources; spatial-temporal distribution; biodiversity