

黄海南部近岸海域鱼类群落结构与区系划分

牟秀霞¹, 徐宾铎¹, 薛莹¹, 任一平^{1,2}, 张崇良^{1*}

(1. 中国海洋大学水产学院, 山东 青岛 266003;

2. 青岛海洋科学与技术国家实验室, 海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东 青岛 266237)

摘要: 黄海南部海域具有复杂的水团结构和海流环境, 使该海域鱼类群落产生较为复杂的空间结构。为研究黄海南部近岸海域鱼类群落结构特征, 实验根据2014—2015年对该海域进行4个季度的底拖网调查数据, 利用多元统计方法分析了该海域鱼类群落的分布格局并比较了各群落的相对生物量、生物多样性、优势种等结构特征。应用聚类分析(cluster)和多维标度排序(MDS)分析将黄海南部近岸海域划分为海州湾群落与江苏近岸群落; 海州湾群落的平均相对资源量和生物多样性均高于江苏近岸群落, 而暖温性与暖水性鱼类所占比重相对较低; 海州湾群落的优势种主要为方氏云鲷、大泷六线鱼和日本鳀等, 季节变化显著; 江苏近岸群落的优势种为短吻红舌鳎、鲈、棘头梅童鱼和黑鳃梅童鱼等, 季节变化不明显。研究表明, 黄海南部近岸海域可划分为海州湾区系与江苏近岸区系, 其鱼类群落结构特征具有显著差异。海流、水团、底质类型及水深等环境因子是形成鱼类群落结构差异的主要因素。

关键词: 鱼类群落结构; 鱼类区系; 生物多样性; 黄海南部

中图分类号: S 931.1

文献标志码: A

黄海南部水文环境复杂, 海区内水团组成、水文结构存在明显的地域和季节差异^[1-2]。复杂的海流、径流为该海域带来丰富的营养盐, 基础饵料丰富, 所以黄海中南部近岸海域是我国的传统渔场和重要经济鱼类的产卵场、育幼场、索饵场以及重要栖息地^[3-6]。海洋环境影响鱼类的洄游分布和栖息环境, 在复杂水团结构和海流条件下, 鱼类群落可能形成较为复杂的空间结构, 群落空间结构的解析对于渔业资源开发利用和海洋生态系统保护都具有重要的指导意义。

关于黄海鱼类群落结构的研究已开展较多^[7-11], 但相关研究往往离岸较远或局限于特定海区, 难以反映黄海南部近岸鱼类群落结构特征。此外, 近年来环境污染、高强度捕捞以及气候变化等, 对黄海鱼类群落结构也产生了重要影响^[12], 而近岸海域更受到了人类活动的扰

动, 其生态系统的结构和功能易发生变化。本实验根据2014—2015年4个航次的底拖网调查数据, 分析了黄海南部近岸海域的鱼类种类组成、群落多样性、优势种、相对资源量等群落结构特征, 并分析了该海域生态区系特征。旨在深入解析黄海南部近岸海域渔业资源群落结构特征, 以期为该海域产卵场渔业资源的保护与可持续利用提供科学理论依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

数据来自2014年8月、10月及2015年1月、5月在黄海南部近岸产卵场进行的渔业资源底拖网调查, 4个调查月份分别代表夏季、秋季、冬季和春季, 调查站位如图1所示。调查区域范围为119.3°E~123.0°E, 32.0°N~35.4°N。使用120 kW

收稿日期: 2016-12-17 修回日期: 2017-03-16

资助项目: 中央高校基本科研业务费专项(201512002, 201612002)

通信作者: 张崇良, E-mail: zcl0903@163.com

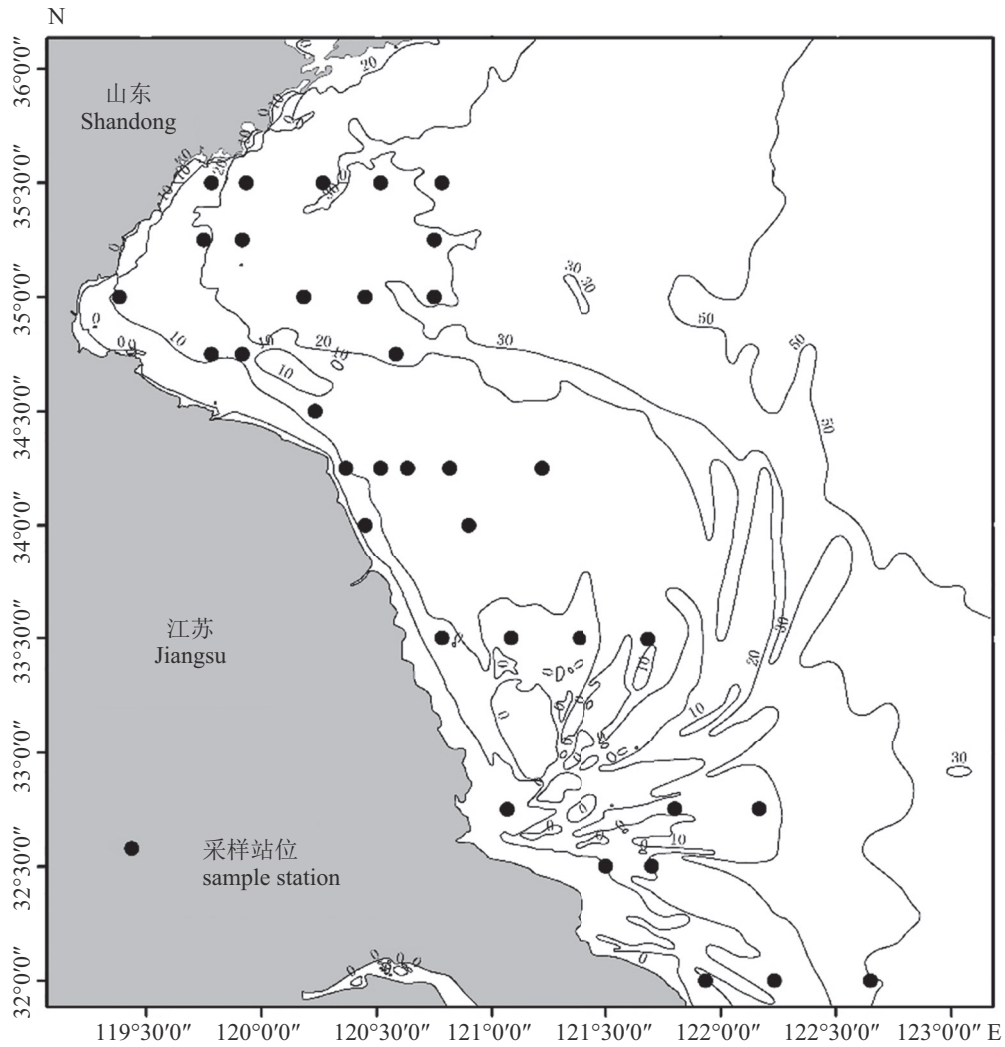


图 1 黄海南部近岸海域渔业资源底拖网调查站位示意图

Fig. 1 Sampling stations of bottom trawl survey for fishery resources in the coastal waters of southern Yellow Sea

单拖网渔船进行底拖网调查, 囊网网目 20 mm, 拖曳时网口扩张宽度约 15 m, 高度 7.53 m。拖网时间为 1 h, 拖速 3 kn。样品的采集和分析依照《海洋调查规范》^[13]进行。

1.2 数据处理

本研究利用多元统计分析方法对鱼类群落进行划分。根据平方根转换的平均网获质量(g/h)计算不同站位间鱼类种类组成的Bray-Curtis相似性系数矩阵, 应用cluster聚类分析和MDS多维标度排序^[14]将采样站位划分为不同的群组并研究其空间格局, 以此为基础划分生态区系。应用相似性分析方法(ANOSIM)检验不同区系间群落结构的差异显著性^[15]。

研究比较不同区系中物种生态类型、相对资源量、优势种和多样性特征, 运用相似性百

分比分析(SIMPER)查明各群落的典型种和群落间的分歧种^[15-16]。

运用相对重要性指数(IRI)计算黄海南部近岸海域优势种^[17]:

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

式中, N 为某种鱼尾数占渔获鱼类的总尾数的数量百分比; W 为某种鱼生物量占渔获鱼类总生物量的百分比; F 为出现频率, 即某种鱼出现的站位数占全部站位数的百分比。本实验中 $IRI > 1000$, 为优势种; $1000 > IRI > 100$, 为重要种。

根据生物量计算黄海南部近岸海域的生物多样性, 采用Shannon-Wiener多样性指数 H' , Margalef种类丰富度指数 D , Pielou均匀度指数 J 来描述鱼类群落的多样性特征。

$$D=(S-1)/\ln N$$

$$H' = \sum P_i \ln P_i$$

$$J=H/\ln S$$

式中, S 为样方中的种数; N 为样方中的个体总数; P_i 为样方中的第*i*种所占的比例。

利用方差分析方法(ANOVA)比较了不同群落相对资源量和多样性指数的差异^[18]。利用PREMER 5.0软件进行多元统计分析以及群落结构的多样性分析。

2 结果

2.1 群落划分

本次调查共捕获鱼类74种, 隶属于10目,

41科, 64属。其中鲈形目种类最多, 共36种, 占总种数的48.65%; 其次为鲹形目, 11种, 占总种数的14.86%; 鲱形目8种, 占总种数的10.81%。

MDS分析结果与聚类分析结果一致, 两者均表明: 黄海南部近岸海域鱼类群落可划分为2个群落, 海州湾群落(群落 I)与江苏近岸群落(群落 II)(图2、图3)。相似性分析(ANOSIM)表明2个群落4个季节的种类组成均差异极显著($P<0.01$)。

2.2 群落的分歧种

利用SIMPER相似性分析方法, 比较了各季节中海州湾群落与江苏近岸群落种类组成的相

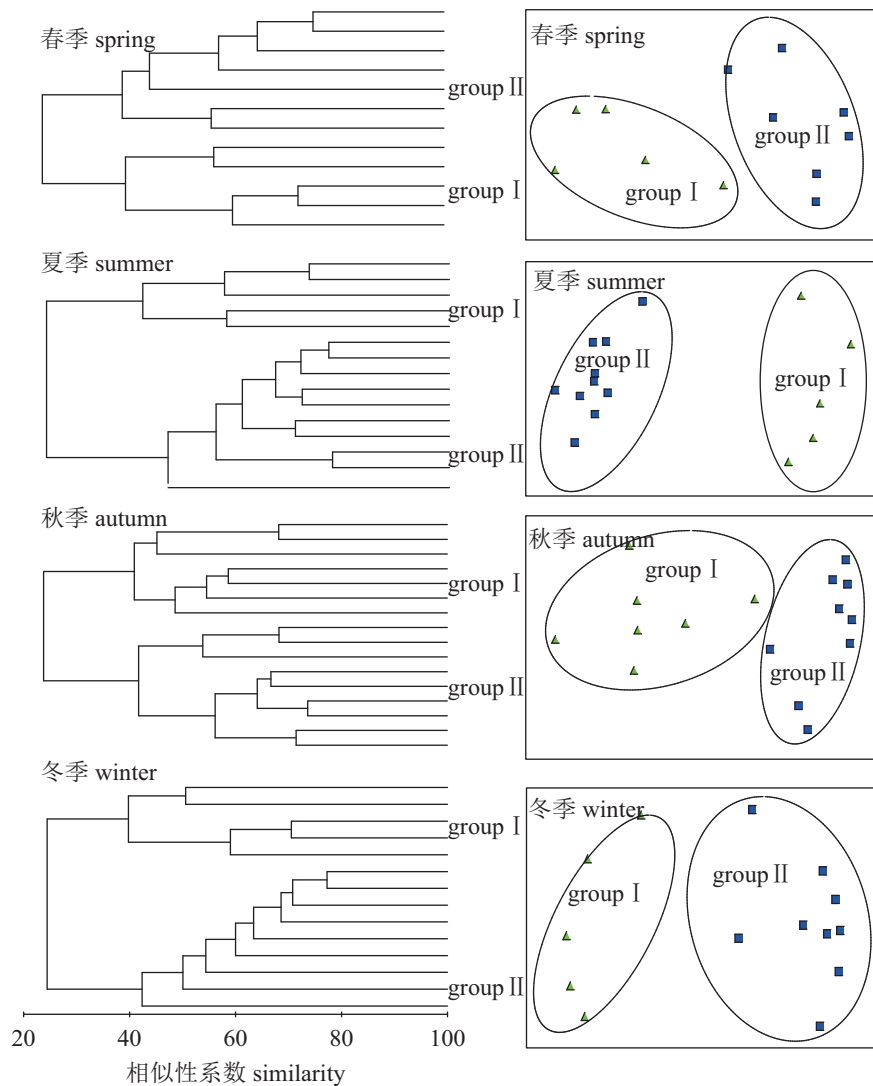


图2 黄海南部近岸海域鱼类群落结构的聚类分析(左)与多维标度排序(右)

group I. 海州湾群落, group II. 江苏近岸群落

Fig. 2 Group average clustering (left) and NMDS ordination (right) of the fish assemblages in coastal waters of southern Yellow Sea

group I. Haizhou Bay, group II. the coastal waters of Jiangsu Province

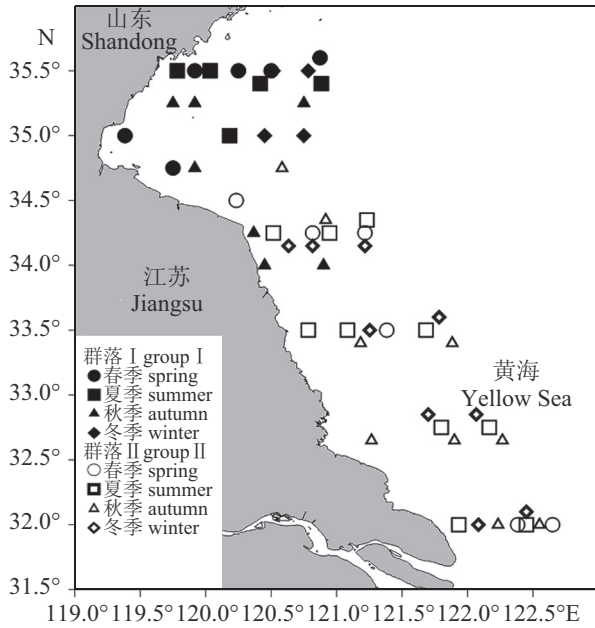


图3 黄海南部近岸水域鱼类群落结构划分示意图
群落 I. 海州湾群落; 群落 II. 江苏近岸群落

Fig. 3 Fish assemblages in the coastal waters of southern Yellow Sea

group I. Haizhou Bay, group II. the coastal waters of Jiangsu Province

异性(表1)。春季两群落的平均相异性为92.81%, 其中, 方氏云鳚(*Pholis fangi*)、黑鳃梅童鱼

(*Collichthys niveatus*)、细纹狮子鱼(*Liparis tanakae*)、短吻红舌鲷(*Cynoglossus joyneri*)等为主要分歧种; 夏季两群落平均相异性为98.52%, 鲈(*Miichthys smiiuy*)、棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)、短吻红舌鲷、日本鳀(*Engraulis japonicus*)等为主要分歧种; 秋季两群落平均相异性为88.88%, 棘头梅童鱼、短吻红舌鲷等为主要分歧种; 冬季两群落平均相异性为91.67%, 棘头梅童鱼、方氏云鳚、黑鳃梅童鱼等为主要分歧种。总体而言, 造成两群落差异的主要贡献种为方氏云鳚、棘头梅童鱼、短吻红舌鲷和鲈。

2.3 相对资源量

海州湾群落与江苏近岸群落的鱼类相对资源量比较结果显示(图4): 两个群落的平均相对资源量均在春、夏季高, 秋、冬季低。海州湾海域站位平均相对资源量的变化范围为5.27~18.21 kg/h。江苏近岸海域站位平均相对资源量的变化范围为1.36~17.39 kg/h。海州湾群落的平均相对资源量高于江苏近岸群落。

黄海南部近岸水域捕获的鱼类隶属于暖温性、暖水性、冷温性3个适温类型。其中, 海州湾群落在夏、秋、冬季暖温性鱼类的相对资源

表1 黄海南部近岸海域两鱼类群落间的分歧种及其贡献率

Tab. 1 Discriminating species and their contributing percentages between two assemblages in the coastal waters of southern Yellow Sea

季节 season	平均相异性/% average dissimilarity	种类 species	相异性贡献/% dissimilarity contribution
春季 spring	92.81	方氏云鳚 <i>Pholis fangi</i>	21.28
		黑鳃梅童鱼 <i>Collichthys niveatus</i>	15.59
		细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakae</i>	12.81
		短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	10.93
夏季 summer	98.52	鲈 <i>Miichthys smiiuy</i>	16.6
		棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	12.64
		短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	10.91
		日本鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	10.8
秋季 autumn	88.88	棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	27.87
		短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	11.82
冬季 winter	91.67	棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	23.46
		方氏云鳚 <i>Pholis fangi</i>	20.14
		黑鳃梅童鱼 <i>Collichthys niveatus</i>	11.94
		短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	10.44

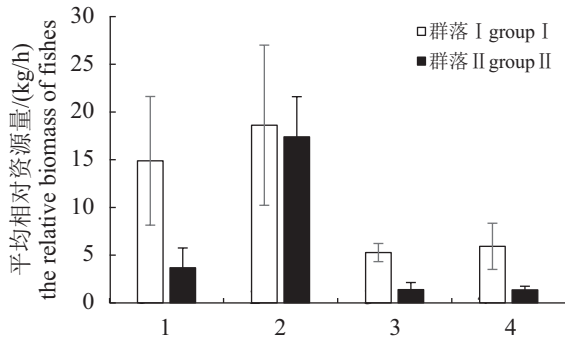


图4 黄海南部近岸海域两个群落的平均相对资源量
1. 春季, 2. 夏季, 3. 秋季, 4. 冬季, 群落 I. 海州湾群落, 群落 II. 江苏近岸群落

Fig. 4 The relative biomass of fishes in the coastal waters of southern Yellow Sea

1. spring, 2. summer, 3. autumn, 4. winter, group I. Haizhou Bay, group II. the coastal waters of Jiangsu Province

量所占比例较大, 春季冷温性鱼类的相对资源量所占比例较大; 江苏近岸群落全年均为暖温性鱼类的相对资源量占显著优势, 冷温性鱼类的相对资源量所占比例极小(图5)。

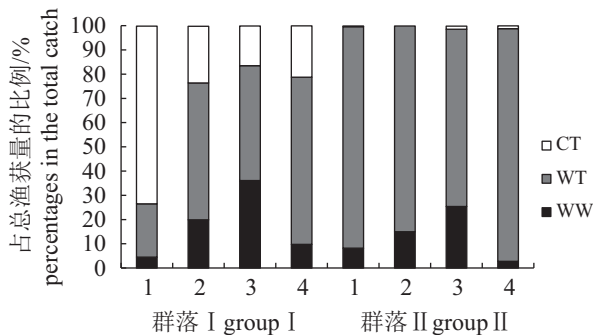


图5 黄海南部近岸海域两个鱼类群落中不同适温类型鱼类组成

1. 春季, 2. 夏季, 3. 秋季, 4. 冬季, WW. 暖水种, WT. 暖温种, CT. 冷温种, 群落 I. 海州湾群落, 群落 II. 江苏近岸群落

Fig. 5 The composition of fish temperature adaptive type in two fish assemblages in the coastal waters of southern Yellow Sea

1. spring, 2. summer, 3. autumn, 4. winter, WW. warm water species, WT. warm temperate species, CT. cold temperate species, group I. Haizhou Bay, group II. the coastal waters of Jiangsu Province

2.4 群落生物多样性

海州湾群落与江苏近岸群落种类丰富度指数的季节变化规律基本一致, 秋季种类丰富度指数达到最大值。海州湾群落种类丰富度指数在春、夏、秋季均高于江苏近岸群落, 仅在冬

季低于江苏近岸群落。海州湾群落均匀度指数为0.497~0.975, 江苏近岸群落均匀度指数为0.429~0.504, 种类均匀度指数的区域差异和季节差异均不明显。两个群落的物种多样性指数均为夏、秋季高于春、冬季, 秋季达到最大值。海州湾群落物种多样性指数全年均高于江苏近岸群落(图6)。双因素方差分析显示, 各群落种类丰富度指数D在季节间差异显著($P < 0.05$), 但相同季节两群落间差异不显著($P > 0.05$); 各群落均匀度指数J的季节差异极显著($P < 0.01$), 两群落间差异显著($P < 0.05$); 群落多样性指数H'的季节间、群落间差异均显著($P < 0.05$)。

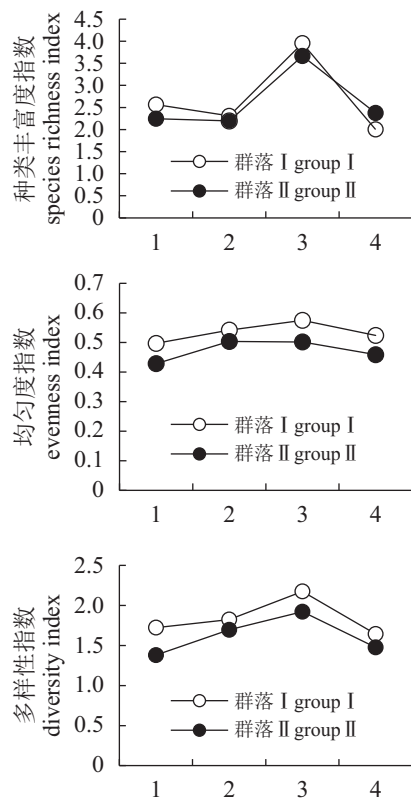


图6 黄海南部近岸海域两群落的生物多样性指数

1. 春季, 2. 夏季, 3. 秋季, 4. 冬季, 群落 I. 海州湾群落, 群落 II. 江苏近岸群落

Fig. 6 Fish species diversity indices for two fish assemblages in the coastal waters of southern Yellow Sea

1. spring, 2. summer, 3. autumn, 4. winter, group I. Haizhou Bay, group II. the coastal waters of Jiangsu Province

2.5 优势种

优势种分析结果显示(表2), 海州湾海域优势种为11种, 优势种组成季节变化明显。优势种主要为方氏云鳎、日本鳀和尖海龙等。江苏近

表 2 黄海南部近岸海域不同季节优势种组成

Tab. 2 The dominant fish species in four seasons in coastal waters of southern Yellow Sea

季节 season	群落 assemblage	优势种 dominant species	W/%	N/%	F/%	IRI	适温类型 temperature adaptive type
春季 spring	海州湾 Haizhou Bay	方氏云鲷 <i>Pholis fangi</i>	38.04	42.85	83.33	6740.72	CT
		细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakae</i>	21.93	8.47	83.33	2533.33	CT
		大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	14.97	21.45	66.67	2428.10	CT
江苏近岸 the coastal waters of Jiangsu Province		黑鳃梅童鱼 <i>Collichthys niveatus</i>	63.41	92.16	83.33	12964.81	WT
		短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	12.61	0.39	100.00	1300.36	WT
		日本鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	75.83	36.09	40.00	4477.10	WT
夏季 summer	海州湾 Haizhou Bay	大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	1.54	12.45	100.00	1399.39	CT
		尖海龙 <i>Syngnathus acus</i>	11.49	2.84	80.00	1146.39	WW
		棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	20.44	52.44	70.00	5101.60	WT
江苏近岸 the coastal waters of Jiangsu Province		鳀 <i>Miichthys smiiuy</i>	32.57	9.42	100.00	4198.79	WT
		短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	19.00	9.16	80.00	2253.25	WT
		尖海龙 <i>Syngnathus acus</i>	2.19	20.16	80.00	1787.74	WW
秋季 autumn	海州湾 Haizhou Bay	短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	9.95	8.95	80.00	1512.23	WT
		绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys kumu</i>	20.43	1.95	60.00	1342.68	WW
		六丝钝尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	2.69	14.44	60.00	1027.72	WT
江苏近岸 the coastal waters of Jiangsu Province		棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	32.05	61.72	100.00	9376.77	WT
		短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	15.36	3.95	100.00	1931.70	WT
		方氏云鲷 <i>Pholis fangi</i>	15.31	25.39	100.00	4069.18	CT
冬季 winter	海州湾 Haizhou Bay	棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	31.76	28.34	66.67	4006.55	WT
		黑鳃梅童鱼 <i>Collichthys niveatus</i>	27.48	22.30	33.33	1659.18	WT
		短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>	42.52	37.39	100.00	7990.42	WT
江苏近岸 the coastal waters of Jiangsu Province		棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	20.64	26.28	100.00	4692.44	WT
		矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	25.36	11.87	88.89	3309.37	WT

注: WW. 暖水种, WT. 暖温种, CT. 冷温种

Notes: WW. warm water species, WT. warm temperate species, CT. cold temperate species

岸海域优势种为4种, 均为暖温性鱼类, 优势种为短吻红舌鲷、棘头梅童鱼、矛尾虾虎鱼和黑鳃梅童鱼, 优势种组成较稳定, 短吻红舌鲷为其全年优势种。

3 讨论

3.1 鱼类群落结构差异与环境条件

本研究表明, 黄海南部近岸海域可划分为

海州湾群落与江苏近岸群落, 且其鱼类群落结构特征具有显著差异, 这与海州湾与江苏近岸的海流、水团、底质类型及水深等环境因子密切相关。海流能够引起海域的温度与盐度等水文特征的差异^[19], 同时水团也会对周围海水的温度、盐度等造成影响^[20], 从而改变鱼类群落的组成、结构以及适温特征。海州湾海域处于南北气候的过渡带, 属于季风气候, 主要受黄海暖

流、鲁南沿岸流和苏北沿岸流的影响^[21-22]，由于邻近黄海冷水团，春季海州湾底层水温为12.68~16.91℃，形成低温区，为方氏云鲷、细纹狮子鱼和大泷六线鱼等冷温性鱼类提供适宜栖息地。特别是方氏云鲷作为本海域的主要优势种，生物量占到该季节总生物量的38.04%，低温环境为其摄食、生长创造了有利条件，其摄食强度于春季达到一年中的最大值^[23]。而江苏近岸海域主要受黄海沿岸流、东海沿岸流和长江冲淡水的影响^[24]，海域环境条件的季节性变化相对较小，其种类组成和优势种的季节变化不显著。

水深与底质类型也对鱼类群落结构产生重要作用^[25]。海州湾水深大部分在20~30 m，江苏近岸水深大部分在10~20 m，区系间水深存在较大差异。水深与底质影响部分鱼类的分布。如短吻红舌鲷适宜栖息在10~20 m水深的泥沙区^[26]，并以多毛类、涟虫类等底栖生物为食，江苏近岸海域的滩涂底质为其提供了充足的饵料^[27]，这可能是其在江苏近岸海域全年处于优势地位的原因之一。海州湾海域底质类型多样，其西南沿岸的底质以粘土和粘土粉砂混合型为主，中部底质以粉砂、中砂为主，西北近岸以岩礁为主^[28]。海州湾海域环境更加复杂，为不同种类的鱼类提供所需的栖息地与避难所，因此可能支持较高的鱼类生物多样性。而江苏近岸海域则以滩涂和浅海为主^[29]，滩涂海岸的自净能力较差，存在大量的有机质与泥沙，易导致水体富营养化和赤潮灾害^[30]，在一定程度上可能导致江苏近岸海域鱼类生物多样性降低。

3.2 优势种的演替

本次调查在海州湾海域鉴定鱼类53种，优势种主要为方氏云鲷、日本鳀、尖海龙等。对比历史资料发现，海州湾海域鱼类资源呈现出衰退趋势，优势种中的经济鱼类逐渐被低值鱼类所代替。如19世纪80年代于海州湾渔业调查中鉴定鱼类150种^[19]，优势种有蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)、银鲳(*Pampus argenteus*)、小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)、小带鱼(*Trichiurus lepturus*)等经济鱼类。2008年，银鲳、小黄鱼、带鱼等经济鱼类尚能在海州湾内形成小规模鱼汛^[31]。而2011年调查中鉴定的鱼类为96种^[32]，方氏云鲷、绯鲷(*Calliongmus beniteguri*)和尖海龙等鱼类取代了经济鱼类的优势地位。对于江苏

沿岸海域，本次调查发现优势种主要为短吻红舌鲷、黑鳃梅童鱼和棘头梅童鱼等小型鱼类，与刘尊雷等^[22]的研究结果相一致，即小型低值鱼类数量增多，大型经济鱼类减少。虽然不同研究中调查时间、站位设计和网具具有一定差异，采样结果会有所不同，但物种组成的剧烈变化在一定程度上能够反映出近几十年来海州湾渔业资源已严重衰退、种类数明显较少。造成鱼类资源衰退的因素众多，其一，长期的过度捕捞、污染等人为因素导致部分鱼类种类资源衰减、枯竭，鱼类原有生境遭到破坏，致使部分种类地理分布范围缩小^[33]；其二，以底拖网为主的渔业作业方式会改变海底环境，对鱼类的栖息地造成了破坏^[34]。

3.3 区系划分与资源保护

海州湾海域与江苏近岸海域的鱼类群落结构特征和地理环境特点存在显著差异，将黄海南部近岸海域划分为海州湾区系与江苏近岸区系对基于生态系统的渔业资源保护具有重要的指导意义。海州湾海域鱼类种类丰富，存在暖温性、暖水性、冷温性3种生态类型，优势种的季节变化明显，且相对资源量与生物多样性相对较高，多种鱼类在此产卵繁殖、栖息，充分反映了海州湾海域作为产卵、育幼场的重要性。因此，加大海州湾海域渔业资源保护的力度，对近岸海域生物多样性的保护乃至整个黄海海域生物资源的养护均具有重要意义。江苏近岸海域的生物多样性与相对资源量相对较低，优势种组成季节变化不显著，主要为短吻红舌鲷和梅童鱼类，两者相对资源量达到相对资源总量的50%以上，而传统经济鱼类小黄鱼在该海域生物量较低，加强传统经济鱼类的资源保护已迫在眉睫，相关研究有待进一步开展，以为近海渔业资源的养护与可持续利用提供科学理论依据。

参考文献：

- [1] 李峤. 黄海鳀鱼的洄游分布及其与环境因子的关系[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.
Li Y. Migration and distribution of anchovy in the Yellow Sea and its relation with environmental factors[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2006 (in Chinese).

- [2] 于振海, 金显仕, 李显森. 黄海中南部主要鱼种的生态位分析[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(6): 1-8.
Yu Z H, Jin X S, Li X S. Analysis of ecological niche for major fish species in the central and southern Yellow Sea[J]. Progress in Fishery Sciences, 2010, 31(6): 1-8(in Chinese).
- [3] 涂忠. 山东省渔业资源修复功能区划[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.
Tu Z. The functional zoning of the restoration of fisheries resources in Shandong province[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2008 (in Chinese).
- [4] 姜言伟. 海州湾经济鱼类产卵场鱼卵的数量分布[J]. 海洋水产研究丛刊, 1964, 18: 100-111.
Jiang Y W. The egg distribution of commercial fishes in the spawning ground of Haizhou Bay[J]. Marine Aquaculture Research Periodicals, 1964, 18: 100-111(in Chinese).
- [5] Chikawa H, Beardley R C. The current system in the Yellow and East China Seas[J]. Journal of Oceanography, 2002, 58(1): 77-92.
- [6] Li Z G, Ye Z J, Wan R. Spatial and seasonal patterns of ichthyoplankton assemblages in the Haizhou Bay and its adjacent waters of China[J]. Journal of Ocean University of China, 2015, 14(6): 1041-1052.
- [7] 程济生. 东、黄海冬季底层鱼类群落结构及其多样性[J]. 渔业科学进展, 2000, 21(3): 1-8.
Cheng J S. The structure and diversity of demersal fish communities in winter in the East China Sea and the Yellow Sea[J]. Progress in Fishery Sciences, 2000, 21(3): 1-8(in Chinese).
- [8] 徐宾铎, 金显仕, 梁振林. 秋季黄海底层鱼类群落结构的变化[J]. 中国水产科学, 2003, 10(2): 148-154.
Xu B D, Jin X S, Liang Z L. Changes of demersal fish community structure in the Yellow Sea during the autumn[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2003, 10(2): 148-154(in Chinese).
- [9] 刘勇, 程家骅. 东海、黄海秋季渔业生物群落结构及其平均营养级变化特征初步分析[J]. 水产学报, 2015, 39(5): 691-702.
Liu Y, Cheng J H. A preliminary analysis of variation characteristics of structure and average trophic level of the main fishery species caught by paired bottom trawl in the East China Sea and the Yellow Sea during the fall season[J]. Journal of Fisheries of China, 2015, 39(5): 691-702(in Chinese).
- [10] 吕振波, 李凡, 王波, 等. 黄海山东海域春、秋季鱼类群落结构[J]. 水产学报, 2011, 35(5): 692-699.
Lü Z B, Li F, Wang B, *et al.* Community structure of fish resources in spring and autumn in the Yellow Sea off Shandong[J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(5): 692-699(in Chinese).
- [11] 单秀娟, 陈云龙, 戴芳群, 等. 黄海中南部不同断面鱼类群落结构及其多样性[J]. 生态学报, 2014, 34(2): 377-389.
Shan X J, Chen Y L, Dai F Q, *et al.* Variation in fish community structure and diversity in the sections of the central and southern Yellow Sea[J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(2): 377-389(in Chinese).
- [12] Jin X S. Variations in fish community structure and ecology of major species in the Yellow/Bohai Sea[D]. Bergen: University of Bergen, 1996.
- [13] 国家质量技术监督局. GB/T 12763-2007海洋调查规范[M]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
State Bureau of Quality Technical Supervision. GB/T 12763-2007 specifications for oceanographic survey[M]. Beijing: China Standards Press, 2007 (in Chinese).
- [14] Field J G, Clarke K R, Warwick R M. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns[J]. Marine Ecology Progress Series, 1982, 8: 37-52.
- [15] Clarke K R, Warwick R M. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation[M]. Plymouth: Primer-ELtd, 2001.
- [16] Clarke K R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure[J]. Australian Journal of Ecology, 1993, 18(1): 117-143.
- [17] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore Bluefin tuna and bonito in Californian waters[J]. Fish Bulletin, 1971, 52: 5-10.
- [18] 王红. 低头坝对青弋江河源溪流局域栖息地、鱼类多样性及其群落结构的影响[D]. 芜湖: 安徽师范大学, 2012.
Wang H. Influences of low-head dams on local habitat, fish diversity and their assemblage structures in the headwater streams of the Qingyi watershed[D]. Wuhu: Anhui Normal University, 2012 (in Chinese).
- [19] 李圣法, 程家骅, 严利平. 东海大陆架鱼类群落的空间结构[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4377-4386.
Li S F, Cheng J H, Yan L P. Spatial structures of fish communities on the continental shelf of the East China

- Sea[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(11): 4377-4386(in Chinese).
- [20] 任慧军, 詹杰民. 黄海冷水团的季节变化特征及其形成机制研究[J]. *水动力学研究与进展*, 2005, 20(Z1): 887-896.
- Ren H J, Zhan J M. A numerical study on the seasonal variability of Yellow Sea cold water mass and the related dynamics[J]. *Journal of Hydrodynamics*, 2005, 20(Z1): 887-896(in Chinese).
- [21] 王文海, 夏东兴, 高兴辰, 等. 中国海湾志—第四分册[M]. 北京: 海洋出版社, 1993.
- Wang W H, Xia D X, Gao X C, *et al.* The gulf in China, the 4th Volumes[M]. Beijing: China Ocean Press, 1993 (in Chinese).
- [22] 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.* Marine environment in coastal water of China and adjacent waters[M]. Beijing: China Ocean Press, 2004 (in Chinese).
- [23] 唐启升, 叶懋中, 唐元德, 等. 山东近海渔业资源开发与保护[M]. 北京: 农业出版社, 1990.
- Tang Q S, Ye M Z, Tang Y D, *et al.* Exploitation and conservation of fishery resources in the coastal water of Shandong[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1990 (in Chinese).
- [24] 刘尊雷, 程家骅, 李圣法, 等. 江苏近岸海域鱼类群落结构的变化[J]. *中国水产科学*, 2009, 16(2): 274-281.
- Liu Z L, Cheng J H, Li S F, *et al.* Changes of fish community structure in Jiangsu, China offshore areas[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2009, 16(2): 274-281(in Chinese).
- [25] 苏巍. 海州湾海域鱼类群落多样性及其与环境因子的关系[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.
- Su W. Fish community diversity in Haizhou Bay and its relationship with environmental factors[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2014 (in Chinese).
- [26] 吴耀泉, 柴温明. 胶州湾水产经济动物资源及其利用[J]. *海洋科学*, 1993(5): 21-23.
- Wu Y Q, Chai W M. The commercial fish resources and utilize in Jiaozhou bay[J]. *Marine Science*, 1993(5): 21-23(in Chinese).
- [27] 窦硕增, 杨纪明, 陈大刚. 渤海石鲈、星鲈、高眼鲈及焦氏舌鳎的食性[J]. *水产学报*, 1992, 16(2): 162-166.
- Dou S Z, Yang J M, Chen D G. Food habits of stone flounder, spotted flounder, high-eyed flounder and red tongue sole in the Bohai Sea[J]. *Journal of Fisheries of China*, 1992, 16(2): 162-166(in Chinese).
- [28] 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(in Chinese).
- [29] 王芳, 朱跃华. 江苏省沿海滩涂资源开发模式及其适宜性评价[J]. *资源科学*, 2009, 31(4): 619-628.
- Wang F, Zhu Y H. Development patterns and suitability assessment of tidal flat resources in Jiangsu Province[J]. *Resources Science*, 2009, 31(4): 619-628(in Chinese).
- [30] 仲霞铭, 姚国兴, 程滨. 江苏海洋底栖贝类资源状况及人工放流适宜性分析[J]. *中国渔业经济*, 2009, 27(3): 53-59.
- Zhong X M, Yao G X, Cheng B. Mollusca resources enhancement in Jiangsu[J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2009, 27(3): 53-59(in Chinese).
- [31] 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(in Chinese).
- [32] 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(in Chinese).
- [33] 刘效舜. 黄渤海区渔业资源调查与区划[M]. 北京: 海洋出版社, 1990: 57-69.
- Liu X S. Survey and division of fishery resource in the Yellow Sea and the Bohai Sea[M]. Beijing: China Ocean Press, 1990: 57- 69 (in Chinese).
- [34] 孙中之, 周军, 王俊, 等. 黄渤海区拖网渔具综合定性调查及特点分析[J]. *渔业科学进展*, 2011, 32(5): 126-134.
- Sun Z Z, Zhou J, Wang J, *et al.* Investigation and analysis of trawl gears in the Yellow Sea and Bohai Sea area[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2011, 32(5): 126-134(in Chinese).

Fish assemblage structure and fauna discrimination in the coastal waters of southern Yellow Sea

MOU Xiuxia¹, XU Binduo¹, XUE Ying¹, REN Yiping^{1,2}, ZHANG Chongliang^{1*}

(1. College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003;

2. Laboratory for Marine Science and Food Production Processes, China

National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266237, China)

Abstract: The southern Yellow Sea shows complex ocean-current and hydrological features, which caused complex spatial structure of fish assemblages that have been poorly understood. Based on seasonal bottom-trawl survey data collected from 2014 to 2015 in the coastal waters of southern Yellow Sea, we used multivariate methods to analyze the structure of fish assemblages, and compared the biomass, diversity, and dominant species among faunas. The results of Cluster and MDS showed that fish assemblage in the southern Yellow Sea could be divided into the Haizhou Bay fauna and the coastal waters of Jiangsu Province fauna. The fish assemblage in Haizhou Bay showed higher species biodiversity and average catches than those of the coastal waters of Jiangsu Province, whereas the relative biomass of warm-water and warm-temperate species in Haizhou Bay community was lower than the other. The dominant species were *Pholis angi*, *Hexagrammos otakii* and *Engraulis japonicas* in Haizhou Bay with significant seasonal alternations, while they were *Collichthys lucidus*, *Miichthys miiuy*, *Cynoglossus joyneri* and *Collichthys niveatus* in coastal waters of Jiangsu Province with trivial changes. Our study demonstrated that fish assemblage in the southern Yellow Sea could be divided into two faunas with significant differences in fish assemblage structure, which were attributed to the different water masses, ocean currents, depth and bottom sediment types in the two regions.

Key words: fish assemblage structure; fish fauna; species diversity; southern Yellow Sea

Corresponding author: ZHANG Chongliang. E-mail: zcl.0903@163.com

Funding projects: Fundamental Research Funds for the Central Universities (201512002, 201612002)