

长江口及其邻近海域渔业资源结构的季节变化*

孙鹏飞^{1,3} 戴芳群^{1,2} 陈云龙^{1,2,4} 单秀娟^{1,2①} 金显仕^{1,2}

(1. 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; 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 青岛 266071; 3. 中国海洋大学环境科学与工程学院 青岛 266100;
4. 中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

摘要 基于2012年8月(夏季)和11月(秋季)、2013年1月(冬季)和5月(春季)长江口及其邻近海域的渔业底拖网调查数据,对渔业种类组成、数量分布、群落多样性及其与环境因子的关系进行了研究。结果显示,共捕获渔业种类114种,隶属于17目66科90属,其中鱼类12目36科50属58种,鲈形目种类最多(26种),甲壳类2目25科33属49种,头足类仅3目5科6属7种。长江口及其邻近海域渔业资源优势种季节更替明显,仅龙头鱼(*Harpodon nehereus*)为全年优势种。秋季平均单位网次渔获量最高(29.20 kg/h-net),春季(17.95 kg/h-net)高于夏季(14.60 kg/h-net),冬季最低(10.15 kg/h-net),各季节均以底层鱼类和甲壳类为主,中上层鱼类渔获量仅春季较高,占总渔获量20.1%。春、夏季群落多样性指数较秋、冬季高,春季(163)和夏季(176)渔业资源群落更替指数较高,群落稳定性较低,夏季(6)和冬季(-5)迁移指数接近于零,渔业生物迁入和迁出处于相对平衡状态。各季节渔获种类数和总渔获量分别与底层鱼类和甲壳类渔获量呈极显著正相关($P<0.01$);秋季渔获种类数与表层温度呈显著正相关($P<0.05$),与深度呈极显著正相关($P<0.01$)。长江口及其邻近海域渔业低质种类呈增加趋势,并且渔业资源结构存在明显的季节变化,渔获种类数、总渔获量及群落多样性指数与表层温度及深度关系密切。

关键词 长江口; 渔业资源; 群落结构; 季节变化; 环境因子

中图分类号 Q178.53 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2015)06-0008-09

河口是淡水和海水交汇的水域,环境因子复杂多变,生物资源丰富,对海洋生物资源的补充和海洋生态平衡的保持具有重要意义(罗秉征,1992)。长江口是我国最大的河口,南有舟山渔场,北接吕泗渔场,是我国重要的渔业基地,同时,在我国海洋生态系统的研究中也占有重要地位。近年来,关于该海域渔业资源结构、多样性及鱼卵、仔稚鱼的分布和数量变动等方面研究广泛开展(王金辉等,2004;李建生等,2004、2006;李宝泉等,2007;李显森等,2013),但近10年来对该海域渔业资源结构的季节动态研究较少。

本研究基于2012-2013年长江口及其邻近海域的渔业底拖网数据,对该海域的渔获种类组成、数量分布及群落多样性的季节变化进行了初步分析,旨在为该海域可持续的渔业资源管理与开发提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 数据来源

数据取自2012年8月(夏季)和11月(秋季)、2013年1月(冬季)和5月(春季)对长江口及其邻近海域的6

*国家国际科技合作专项项目(2013DFA31410)和山东省泰山学者专项基金共同资助。孙鹏飞, E-mail: spfsxlxs@126.com

① 通讯作者: 单秀娟, 副研究员, E-mail: shanxj@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2014-12-08, 收修改稿日期: 2015-05-29

个断面进行的渔业底拖网调查, 调查区域为 122°00'–124°00'E, 30°30'–31°45'N, 总调查站位 62 个(图 1), 春、夏、秋和冬季调查站位数分别为 36、46、33 和 25 个, 各航次在各断面近岸、远岸及中部均设取样站位, 以减小个别航次站位较少所引起的误差。调查船为“沪捕渔 47058”(184 kW), 平均拖速 2 kn, 每站拖网 0.5–1 h。调查网具为单船底拖网, 网口周长 30.6 m, 囊网网目 20 mm, 拖曳时网口宽度约 8 m。在实验室对渔获物进行种类鉴定和生物学测定, 记录各渔获种类的重量和数量, 数据标准化到 1 h, 以各种类的平均单位网次渔获量(kg/h·net)和渔获尾数(ind/h·net)表示。每站现场用“Seabird219”型 CTD 测定水深、温度数据。

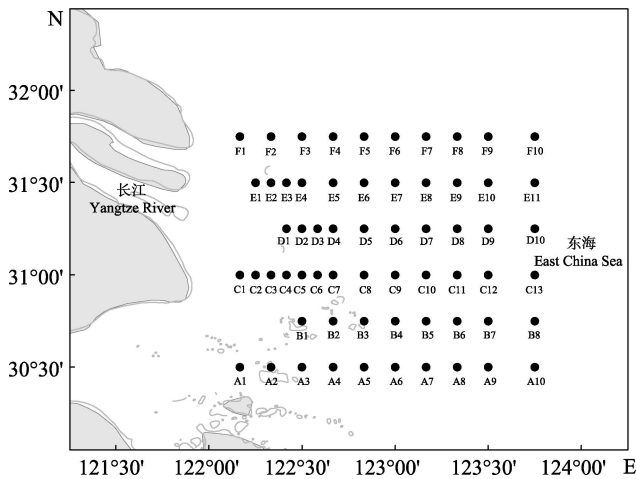


图 1 长江口及其邻近海域渔业调查站位

Fig.1 Sampling stations in the Yangtze River estuary and its adjacent waters

1.2 分析方法

1.2.1 优势种 优势种由相对重要性指数(Index of Relative Importance, *IRI*)确定(Pinkas *et al.*, 1971):

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

式中, *N* 为某种类的尾数占总渔获尾数的百分比; *W* 为某种类的渔获量占总渔获量的百分比; *F* 为某种类在调查中被捕获的站数与总调查站位百分比。

其中, *IRI* 值大于 500 为优势种, 500–100 为常见种, 100–10 为一般种, 10–1 为少见种, 小于 1 为稀有种(程济生等, 2000)。

1.2.2 群落相似性和多样性指数 用 Bray-Curtis 的相似性系数(Bray *et al.*, 1957), 计算各调查航次(季节)种类渔获量组成的相似性, 分析长江口及其邻近海域渔业资源结构随时间的变化特征。

$$S_B = 1 - \frac{\sum_{i=1}^s |X_{ij} - X_{im}|}{\sum_{i=1}^s |X_{ij} + X_{im}|}$$

式中, S_B 为相似性系数, X_{ij} 和 X_{im} 分别为第 i 种在 j 和 m 航次调查中的平均单位网次渔获量或单位网次渔获尾数。

用 Margalef 丰富度指数(D)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')及 Pielou 均匀度指数(J')分析长江口及其邻近海域渔业生物群落多样性(Margalef, 1958; Shannon *et al.*, 1949; Pielou, 1975)。

Margalef 丰富度指数 $D=(S-1)/\ln W$ 或 $D=(S-1)/\ln N$

$$\text{Shannon-Wiener 多样性指数 } H' = -\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

$$\text{Pielou 均匀度指数 } J' = H' / \ln S$$

式中, S 为种类数; W 为总渔获量; N 为总渔获尾数; P_i 为第 i 种所占总渔获量或总渔获尾数的比例。

1.2.3 群落更替指数和迁移指数

$$AI = \frac{(C + B)}{(A - R)} \times 100 \quad MI = \frac{(C - B)}{(A - R)} \times 100$$

式中, A 为各次调查实际物种数; C 为本次调查新迁入物种数; B 为本次调查迁出物种数; R 为 4 次调查中均出现的物种数。 AI 反映了物种更替导致群落稳定性降低的节律, 其值越大则表示群落稳定性小; MI 研究了系统外迁入与迁出种的两种成分在群落中的相对比例(朱鑫华等, 1994)。

1.3 数理统计

运用 Primer 5.0 软件对渔业资源组成的相似性和多样性进行分析; 运用 SPSS 16.0 软件对渔业资源结构与环境因子的相关关系进行分析, 分析方法为 Pearson 相关系数法。

2 结果

2.1 种类组成和优势种季节变化

共捕获渔业种类 114 种, 隶属于 17 目 66 科 90 属, 鱼类 12 目 36 科 50 属 58 种, 其中鲈形目种类最多, 14 科 22 属 26 种, 占鱼类总种类数的 45%, 其次为鲱形目, 2 科 6 属 7 种, 其余各目均在 5 种以下; 甲壳类 2 目 25 科 33 属 49 种, 主要为十足目种类; 头足类 3 目 5 科 6 属 7 种(表 1)。

优势种渔获量在春、夏、秋和冬季分别占总渔获量的 51.6%、62.3%、70.0% 和 35.5%, 渔获尾数分别

表1 长江口及其邻近海域渔业种类各分类阶元的分布
Tab.1 Taxonomic category of fishery species in the Yangtze River estuary and its adjacent waters

目 Order	科 Family	属 Genus	种 Species
八腕目 Octopoda	2	2	2
枪形目 Teuthoidea	3	3	3
乌贼目 Sepioidea	1	2	2
口足目 Stomatopoda	1	1	1
十足目 Decapoda	23	32	48
鲛鳗目 Lophiiformes	2	2	2
刺鱼目 Gasterosteiformes	1	2	2
灯笼鱼目 Myctophiformes	2	2	2
鲈形目 Pleuronectiformes	2	2	5
鲱形目 Clupeiformes	2	6	7
鲑形目 Salmoniformes	1	1	1
鲈形目 Perciformes	14	22	26
鳗鲡目 Anguilliformes	5	5	5
鲑形目 Siluriformes	1	1	1
鲉形目 Tetraodontiformes	1	1	1
燕魮目 Myliobatiformes	1	1	1
鲉形目 Scorpaeniformes	4	5	5
总计 Total	66	90	114

占总渔获尾数的 70.6%、79.2%、40.8%和 29.6%。春季优势种为六丝钝尾虾虎鱼(*Amblychaeturichthys hexanema*)、中国毛虾(*Acetes chinensis*)、三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)、龙头鱼(*Harpodon nehereus*)和鳀(*Engraulis japonicus*)。其中龙头鱼和六丝钝尾虾虎鱼占总渔获量的 22.0%，中国毛虾和三疣梭子蟹的渔获量占总渔获量的 20.4%，鳀占总渔获量的 9.1%。夏季优势种为葛氏长臂虾(*Palaemon gravieri*)、红狼牙虾虎鱼(*Odontamblyopus rubicundus*)、双斑螭(*Charybdis bimaculata*)、中华管鞭虾(*Solenocera crassicornis*)、细巧仿对虾(*Parapenaeopsis tenella*)、口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*)和龙头鱼。其中甲壳类渔获量占总渔获量和渔获尾数的 38.5%和 63.6%，底层鱼类占总渔获量的 23.8%；秋季优势种为三疣梭子蟹、龙头鱼、日本螭(*Charybdis japonica*)和棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)。其中三疣梭子蟹和日本螭渔获量占总渔获量的 43.6%，龙头鱼和棘头梅童鱼占总渔获量的 26.4%；冬季优势种为葛氏长臂虾、长吻红舌鳎(*Cynoglossus lighti*)、口虾蛄和龙头鱼。其中长吻红舌鳎和龙头鱼占总渔获量的 24.6%，葛氏长臂虾和口虾蛄渔获量占总渔获量的 10.9%。由此可见，4 个季节优势种主要由甲壳类和底层鱼类组成，仅春季优

势种中出现鳀，夏、秋和冬季优势种中甲壳类渔获量百分比均明显高于底层鱼类，春季甲壳类渔获量百分比略低于底层鱼类。夏、冬季葛氏长臂虾均为第一优势种，渔获量分别占总渔获量的 6.6%和 3.9%，渔获尾数分别占 27.7%和 11.2%；秋季三疣梭子蟹为第一优势种，渔获量占总渔获量的 23.3%，渔获尾数占总渔获尾数的 14.1%；春季六丝钝尾虾虎鱼为第一优势种，渔获量占总渔获量的 7.3%，渔获尾数占总渔获尾数的 34.6%(表 2)。

2.2 渔获量的分布

长江口及其邻近海域秋季平均单位网次渔获量最高，春季高于夏季，冬季最低，春、夏、秋和冬季甲壳类和底层鱼类平均单位网次渔获量较高，分别为 7.20、6.95、7.60、6.15、15.8、13.00、4.15、5.58 kg/h-net。其渔获量占总渔获量的百分比分别为 40.1%和 38.8%、50.2%和 42.0%、54.2%和 44.4%、40.8%和 57.4%，除冬季底层鱼类渔获量百分比高于甲壳类外，其他季节均为甲壳类渔获量百分比最高。各季节头足类和中上层鱼类平均单位网次渔获量较低，仅春季中上层鱼类平均单位网次渔获量和渔获量百分比比较高，分别为 3.65 kg/h-net 和 20.1%(图 2)。

春季各调查断面中部渔获量百分比比较高，近岸、远岸及北部断面渔获量百分比均较低；夏季渔业资源主要分布在调查区域中部及河口地区；秋季较夏季更向河口集中，平均单位网次渔获量最高(29.2 kg/h-net)；冬季由于调查站位较少，仅个别站位渔获量百分比比较高，平均单位网次渔获量最低(10.15 kg/h-net)(图 3)。

2.3 相似性和多样性特征

以尾数计算的相似性指数比以重量计算的高，并且各季节相似性指数较接近，以重量计算的相似性指数，夏季和秋季、秋季和冬季相似性较高，相似性指数分别为 0.25 和 0.28(表 3)。

秋、冬季渔获种类数最多，均有 75 种，夏季和春季较少，分别有 67 和 66 种。

春季总丰富度指数(D)和总多样性总指数(H')均最大，为 5.55 和 3.02，各站位分别在 0.38–2.11 和 0.49–2.39 之间波动；秋季均最小，总指数为 4.64 和 2.37，各站位分别在 0.32–5.48 和 0.42–2.21 之间波动。春、秋季平均丰富度指数(D)较夏冬季大，分别为 1.64 和 1.63，夏季平均多样性指数最大，为 1.70，秋季最小，为 1.27。春、夏和冬季总均匀度指数(J')相近，分别为 0.72、0.70 和 0.73，各站位分别在 0.27–0.85、0.11–

1.00 和 0.54–0.89 之间波动, 秋季最小, 总指数为 0.59, 各站位在 0.21–0.89 之间波动。夏、冬季平均均匀度指数(J')较大, 分别为 0.71 和 0.73, 春、秋季较小,

分别为 0.62 和 0.60。多样性指数春、夏季较秋、冬季高, 各季节平均多样性指数的变化趋势与总指数的变化趋势相一致(表 4)。

表 2 长江口及其邻近海域渔业资源优势种季节变化

Tab.2 Seasonal variations of dominant fishery species in the Yangtze River estuary and its adjacent waters

季节 Seasons	种名 Species	W%	N%	IRI
春季 Spring	六丝钝尾虾虎鱼 <i>A. hexanema</i>	7.3	34.6	2515
	中国毛虾 <i>A. chinensis</i>	4.8	29.5	1669
	三疣梭子蟹 <i>P. trituberculatus</i>	15.6	0.8	935
	龙头鱼 <i>H. nehereus</i>	14.7	0.9	668
	鳀 <i>E. japonicus</i>	9.1	4.8	517
夏季 Summer	葛氏长臂虾 <i>P. gravieri</i>	6.6	27.7	2729
	红狼牙虾虎鱼 <i>O. rubicundus</i>	16.3	11.5	1589
	双斑蟳 <i>C. bimaculata</i>	10.2	8.7	1391
	中华管鞭虾 <i>S. crassicornis</i>	6.5	12.7	1335
	细巧仿对虾 <i>P. tenella</i>	6.6	9.8	1041
	口虾蛄 <i>O. oratoria</i>	8.6	4.7	1036
	龙头鱼 <i>H. nehereus</i>	7.5	4.1	634
秋季 Autumn	三疣梭子蟹 <i>P. trituberculatus</i>	23.3	14.1	1222
	龙头鱼 <i>H. nehereus</i>	8.9	10.0	657
	日本蟳 <i>C. japonica</i>	20.3	8.4	585
	棘头梅童鱼 <i>C. lucidus</i>	17.6	8.2	579
冬季 Winter	葛氏长臂虾 <i>P. gravieri</i>	3.9	11.2	1135
	长吻红舌鳎 <i>C. lighti</i>	14.6	5.2	991
	口虾蛄 <i>O. oratoria</i>	7.0	8.1	847
	龙头鱼 <i>H. nehereus</i>	10.0	5.1	567

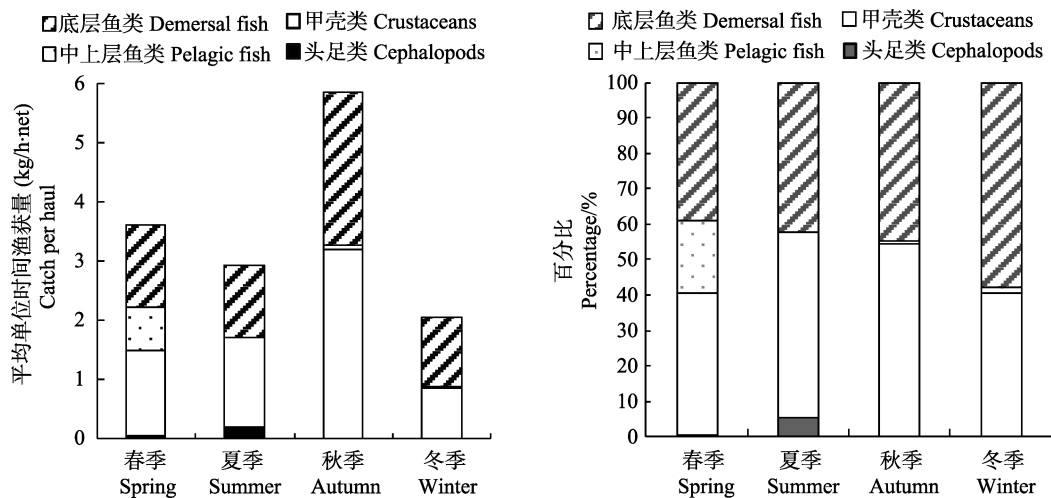


图 2 各生态类型平均单位网次渔获量的季节分布

Fig.2 Seasonal variations of average catch per haul in different ecotypes

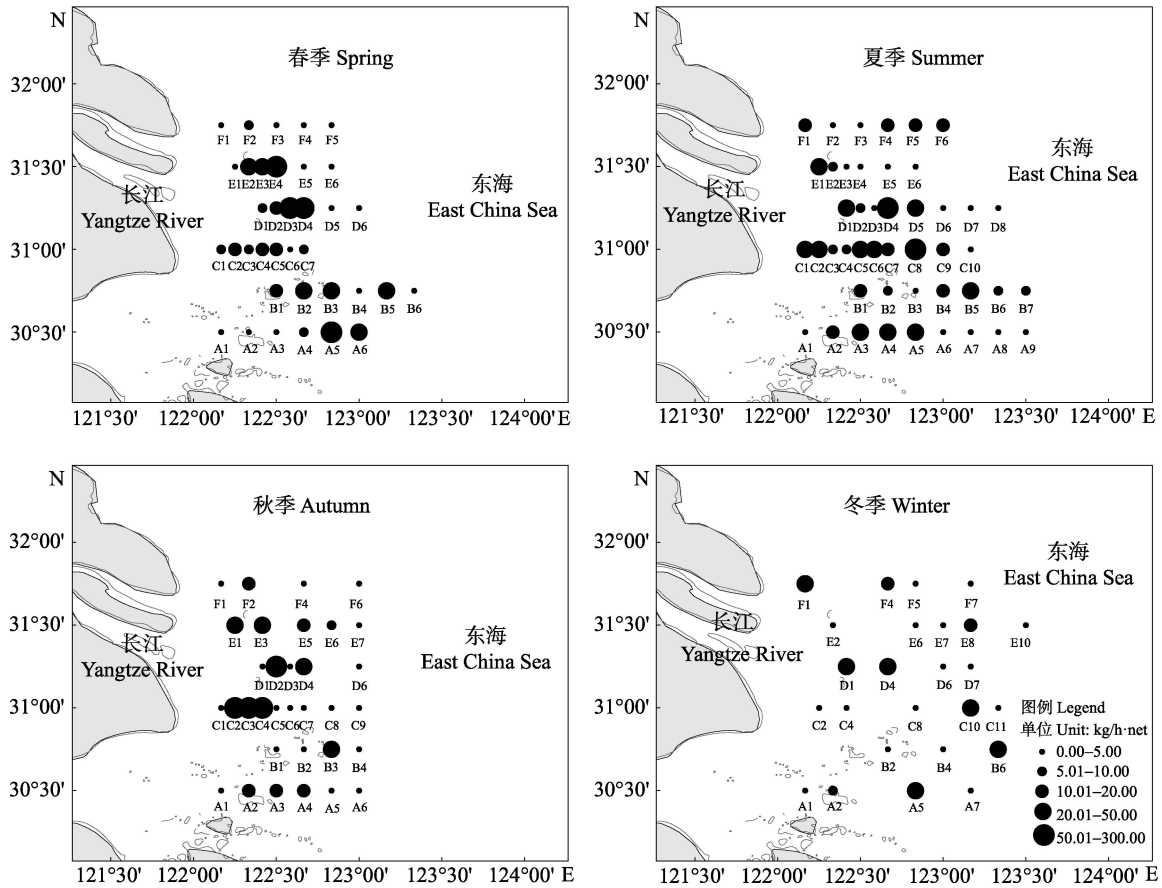


图3 长江口及其邻近海域平均单位网次渔获量的空间分布

Fig.3 Distribution of average catch per haul in the Yangtze River estuary and its adjacent waters

表3 长江口及其邻近海域渔业种类组成的相似性指数

Tab.3 The similarity index of fishery species composition in the Yangtze River estuary and its adjacent waters

季节 Season	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
春季 Spring		0.31	0.40	0.19
夏季 Summer	0.10		0.32	0.26
秋季 Autumn	0.09	0.25		0.20
冬季 Winter	0.04	0.13	0.28	

注：对角线上方数字为以尾数计，下方数字为以重量计

Note: The data above the diagonal are on number basis, and below the diagonal are on weight basis

表4 长江口及其邻近海域渔业种类多样性的变化

Tab.4 Variations of fishery species diversity indices in the Yangtze River estuary and its adjacent waters

季节 Season	D_w			H'_w			J'_w		
	范围 Range	平均 Average	总指数 Total index	范围 Range	平均 Average	总指数 Total index	范围 Range	平均 Average	总指数 Total index
春季 Spring	0.38-2.11	1.63	5.55	0.49-2.39	1.52	3.02	0.27-0.85	0.62	0.72
夏季 Summer	0.46-2.60	1.51	5.33	0.15-2.34	1.70	2.93	0.11-1.00	0.71	0.70
秋季 Autumn	0.32-5.48	1.64	4.64	0.42-2.21	1.27	2.37	0.21-0.89	0.60	0.59
冬季 Winter	0.30-2.30	1.36	4.78	0.41-2.40	1.60	2.86	0.54-0.89	0.73	0.73

注： D_w 、 H'_w 和 J'_w 表示以重量计算的多样性指数

Note: D_w , H'_w and J'_w denote the biodiversity indices calculated by weight

2.4 渔业资源群落结构的稳定性

春、夏季稳定性较低, 更替指数分别为 163 和 176, 秋、冬季均小于 100, 分别为 73 和 63; 夏、冬季渔业生物迁入和迁出处于相对平衡状态, 迁移指数接近于零, 分别为 6 和 -5(图 4)。

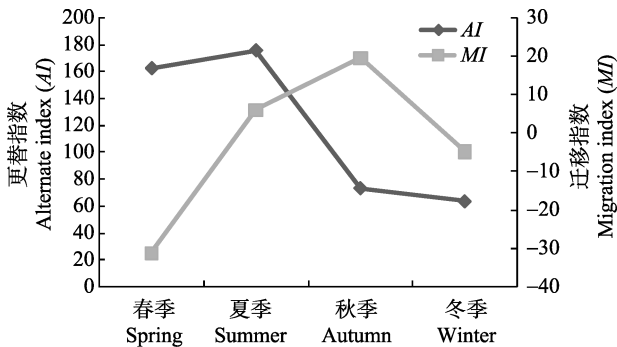


图 4 长江口及其邻近海域渔业生物群落更替指数(AI)和迁移指数(MI)

Fig.4 The MI and AI of fisheries community in the Yangtze River estuary and its adjacent waters

2.5 渔业资源结构与海域环境因子的关系

各季节渔获种类数和总渔获量分别与底层鱼类和甲壳类渔获量呈极显著正相关 ($P < 0.01$), 仅秋季渔获种类数与中上层鱼类渔获量呈显著正相关 ($P < 0.05$), 春季和秋季总渔获量与中上层鱼类渔获量呈显著正相关 ($P < 0.05$), 夏季总渔获量与头足类渔获量呈显著正相关 ($P < 0.05$); 各季节多样性指数 (H')和均匀度指数 (J')呈显著正相关 ($P < 0.05$), 秋季渔获种类数与表层温度和深度分别呈显著正相关 ($P < 0.05$)和极显著正相关 ($P < 0.01$), 渔获种类数、总渔获量及多样性指数 (H')与表层温度及深度关系密切(表 5)。

3 讨论

3.1 种类组成及优势种的季节变化

本次调查捕获渔业种类数仅为 2006 年 6、8 和 10 月长江口调查捕获渔业种类数的 55.3%, 鱼类、甲壳类和头足类种类数分别为 2006 年调查的 35.4%、144.1%和 66.7%(金显仕等, 2009), 这可能与调查网具差异有关。甲壳类和鱼类为各季节优势类群, 其渔获量分别占总渔获量的 40.1%–54.2%和 42.1%–59.2%, 头足类在各个季节所占百分比均较低, 夏季最高, 仅为 5.7%。根据李建生等(2004)的研究, 2000–2002 年长江口海域各季节均以鱼类为绝对优势类群, 所占渔

获量百分比在 75.2%–95.0%之间, 甲壳类和头足类单季所占百分比最高分别为 11.2%和 23.9%。

夏、秋季甲壳类优势度较冬、春季高。优势种由带鱼 (*Trichiurus lepturus*)、小黄鱼 (*Larimichthys polyactis*)、三疣梭子蟹等经济种类向葛氏长臂虾、三疣梭子蟹、口虾蛄等甲壳类转变, 龙头鱼、鳀和长吻红舌鲷等中小型鱼类也占有一定比例(罗秉征等, 1994; 李建生等, 2004; 金显仕等, 2009)。长江口及其邻近海域渔业资源种类更替加快, 这在其他河口的研究也有类似结果(朱鑫华等, 2001; 金显仕等, 1998、2001、2003; 任一平等, 2005)。

过度捕捞和环境退化使生态系统的生物群落失去恢复力和完整性, 生态系统稳定性变差(Ryder *et al*, 1981)。带鱼、凤鲚 (*Coilia mystus*)、大黄鱼 (*Larimichthys crocea*)和小黄鱼等传统捕捞对象近年来资源衰退严重, 低龄化和小型化明显(杨伟祥等, 1992; 宓崇道, 1997; 任一平等, 2001; 刘凯等, 2004)。鱼类资源的衰退可能使甲壳类资源相对增加(吴强等, 2012)。长江口及其邻近海域主要受重金属和有机物的污染, 2000–2002 年该海域生态环境总体质量处于重污染水平(钟霞芸等, 1999; 全为民等, 2004), 污染导致该海域渔业资源衰退(倪勇等, 2006)。2005 年后长江口及其邻近海域及杭州湾可能已经成为长江口水域重金属元素的重要沉积“汇”, 而其他近海表层沉积物质量优良, 生态环境总体质量有所恢复(何松琴等, 2011; 方涛等, 2012)。环境污染使产卵场受到严重影响, 甲壳类作为一种生命周期短、营养层次低、繁殖力强、生长迅速的类群, 其恢复力较大型底层经济鱼类强, 这可能是甲壳类渔获量百分比比较高的原因。

3.2 渔获量时空分布

长江口及其邻近海域秋季平均单位网次渔获量最高, 春季高于夏季, 冬季最低, 季节变化明显, 可能与我国实行伏季禁渔政策有关。各季节渔获物以甲壳类和底层鱼类为主, 春季中上层鱼类平均单位网次渔获量和渔获量百分比较高, 各调查断面中部渔获量百分比较高, 近岸、离岸及北部断面渔获量百分比均较低, 夏、秋季则向河口集中, 冬季分布较分散。这可能与鳀、小黄鱼、大黄鱼及白姑鱼 (*Argyrosomus argentatus*)等越冬场鱼群的洄游有关, 这些鱼类均在 3–4 月进入舟山渔场和长江口渔场, 5–6 月在长江口和吕泗渔场近海形成索饵群体, 6–8 月, 索饵群体北上黄海南部索饵, 10 月以后回到长江口及其邻近海域以后, 一部分群体游向外海越冬场, 一部分群体继续南下

表5 长江口及其邻近海域渔业资源结构与各因子的相关性

Tab.5 Correlations among environmental factors and fishery resource structure in the Yangtze River estuary and its adjacent waters

季节 Season	因子 Factors											
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	
春季 Spring	F1	1										
	F2	0.674**	1									
	F3	0.217	0.568**	1								
	F4	0.609**	0.786**	0.621**	1							
	F5	0.230	0.036	-0.031	0.149	1						
	F6	0.605**	0.711**	-0.034	0.180	-0.066	1					
	F7	0.962**	0.511*	0.091	0.336	0.216	0.500*	1				
	F8	0.738**	0.363	0.022	0.264	0.277	0.351	0.764**	1			
	F9	0.215	-0.004	-0.176	-0.006	0.174	0.073	0.284	0.750**	1		
	F10	-0.015	-0.064	-0.125	-0.072	0.156	0.008	-0.048	0.137	0.366	1	
	F11	-0.244	-0.059	0.371	0.015	-0.019	-0.272	-0.273	-0.412*	-0.279	0.258	1
夏季 Summer	F1	1										
	F2	0.656**	1									
	F3	0.056	0.062	1								
	F4	0.447*	0.841**	0.152	1							
	F5	0.317	0.486*	-0.056	0.119	1						
	F6	0.663**	0.770**	-0.056	0.388	0.342	1					
	F7	0.819**	0.367	0.037	0.222	0.220	0.386	1				
	F8	0.754**	0.264	0.112	0.109	0.135	0.366	0.696**	1			
	F9	0.043	-0.227	0.056	-0.240	-0.035	-0.148	0.348	0.583**	1		
	F10	0.089	-0.022	0.030	-0.026	-0.276	0.156	0.099	0.171	0.147	1	
	F11	-0.212	-0.183	-0.320	-0.272	0.085	-0.070	-0.174	-0.140	0.062	0.097	1
秋季 Autumn	F1	1										
	F2	0.621**	1									
	F3	0.550*	0.518*	1								
	F4	0.621**	0.970**	0.421	1							
	F5	0.363	0.304	0.064	0.384	1						
	F6	0.590**	0.984**	0.553**	0.912**	0.231	1					
	F7	0.193	0.112	0.178	0.113	0.043	0.103	1				
	F8	0.600**	0.476*	0.562**	0.361	0.304	0.537**	-0.047	1			
	F9	-0.343	-0.032	0.135	-0.150	-0.068	0.056	-0.126	0.470*	1		
	F10	-0.479*	-0.218	-0.648**	-0.181	0.122	-0.224	-0.066	0.502*	-0.135	1	
	F11	-0.641**	-0.475*	-0.444*	-0.489*	-0.108	-0.442*	0.289	0.565**	-0.001	0.594**	1
冬季 Winter	F1	1										
	F2	0.884**	1									
	F3	0.266	-0.040	1								
	F4	0.751**	0.901**	-0.017	1							
	F5	0	0	0	0	1						
	F6	0.739**	0.780**	-0.110	0.432*	0	1					
	F7	0.980**	0.789**	0.365	0.659*	0	0.670**	1				
	F8	0.789**	0.487*	0.405*	0.418*	0	0.389	0.873**	1			
	F9	0.212	-0.061	0.244	-0.065	0	-0.045	0.357	0.699**	1		
	F10	-0.311	-0.313	0.166	-0.179	0	-0.399	-0.272	0.288	-0.285	1	
	F11	0.408*	0.404*	-0.129	0.239	0	0.500*	0.404*	0.257	0.149	-0.231	1

*表示显著相关($P<0.05$); **表示极显著相关($P<0.01$)。F1. 渔获种类数; F2. 总渔获量; F3. 中上层鱼类渔获量; F4. 底层鱼类渔获量; F5. 头足类渔获量; F6. 甲壳类渔获量; F7. D_w ; F8. H' ; F9. J' ; F10. 表层温度; F11. 深度

* denote significant correlation; ** denote highly significant correlation. F1. Fishery species number; F2. Catch; F3. Pelagic fish catch; F4. Demersal fish catch; F5. Cephalopods catch; F6. Crustaceans catch; F7. D_w ; F8. H' ; F9. J' ; F10. Sea surface temperature; F11. Depth

回到东海中南部的越冬场(水柏年, 1999; 徐兆礼等, 2009、2010、2011)。近 10 余年来, 由于高强度捕捞, 传统的大型经济鱼类资源衰退, 甲壳类被捕食的压力降低, 甲壳类资源得以繁衍生长, 导致渔获物中甲壳类资源量相对增加(Jin *et al*, 1996; 唐启升等, 2006)。

3.3 多样性及相似性

长江口及其邻近海域春、秋季渔业生物群落丰富度指数较高, 夏、冬季较低, 多样性指数和均匀度指数则夏、冬季高于春、秋季。夏季(8月)多样性指数(0.15–2.34)与 2006 年(0.10–2.35)对应季节多样性指数(H')范围较一致(金显仕等, 2009)。各季节多样性指数(H')和均匀度指数(J')呈显著正相关($P < 0.05$)。由夏至秋群落多样性指数(H')随海水温度的降低而降低, 秋季多样性指数最低, 平均单位网次渔获量最高(29.20 kg/h·net), 夏、冬季多样性指数较高, 其渔获量相对较低, 这在其他海域也有类似发现(单秀娟等, 2013)。夏、秋季之间和秋、冬季之间的相似性指数较高, 春、夏季更替指数较高, 群落稳定性较高, 夏、冬季迁移指数接近于零, 群落迁入和迁出的种类处于相对平衡状态。各季节渔业资源结构均以底层鱼类和甲壳类为主, 而秋、冬季中上层鱼类所占比重逐渐加大, 这可能与秋、冬季三疣梭子蟹、日本蟳、锈斑蟳(*Charybdis feriatius*)等甲壳类随海水温度下降, 自北向南迁移有关(唐启升等, 2006)。

参 考 文 献

- 王金辉, 黄秀清, 刘阿城, 等. 长江口及邻近水域的生物多样性变化趋势分析. 海洋通报, 2004, 23(1): 32–39
- 水柏年. 黄、东海鳀鱼洄游及渔场分布初探. 舟山渔业, 1999, S(57): 17–20
- 方涛, 李道季, 唐静亮, 等. 长江口及近海区沉积物重金属与底质环境评价. 人民长江, 2012, 43(10): 68–71, 81
- 朱鑫华, 吴鹤洲, 徐凤山, 等. 黄渤海沿岸水域游泳动物群落多样性及其相关因素的研究. 海洋学报, 1994, 16(3): 102–112
- 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研究. 海洋科学集刊, 2001, 43(1): 141–151
- 任一平, 高天翔, 刘群, 等. 黄海南部小黄鱼 *Pseudosciaena polyactis* (Bleeker) 渔获群体结构与繁殖特征的初步研究. 海洋湖沼通报, 2001(1): 41–46
- 任一平, 徐宾铎, 叶振江, 等. 青岛近海春、秋季渔业资源群落结构特征的初步研究. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2005, 35(5): 792–798
- 全为民, 沈新强. 长江口及邻近水域渔业环境质量的现状及变化趋势研究. 海洋渔业, 2004, 26(2): 93–98
- 刘凯, 张敏莹, 徐东坡, 等. 长江口凤鲚资源变动及最大持续产量研究. 上海水产大学学报, 2004, 13(4): 298–303
- 李宝泉, 李新正, 王洪法, 等. 长江口附近海域大型底栖动物群落特征. 动物学报, 2007, 53(1): 76–82
- 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
- 李建生, 李圣法, 程家骅. 长江口渔场鱼类组成和多样性. 海洋渔业, 2006, 28(1): 37–41
- 李显森, 于振海, 孙珊, 等. 长江口及其毗邻海域鱼类群落优势种的生态位宽度与重叠. 应用生态学报, 2013, 24(8): 2353–2359
- 杨伟祥, 罗秉征, 卢继武, 等. 长江口区鱼类资源调查与研究. 海洋科学集刊, 1992(33): 281–301
- 吴强, 王俊, 陈瑞盛, 等. 黄渤海春季甲壳类群落结构的时空变化. 水产学报, 2012, 36(11): 1685–1693
- 何松琴, 宋金明, 李学刚, 等. 长江口及邻近海域夏季表层沉积物中重金属等的分布、来源与沉积物环境质量. 海洋科学, 2011, 35(5): 4–9
- 罗秉征. 河口及近海的生态特点与渔业资源. 长江流域资源与环境, 1992, 1(1): 24–30
- 罗秉征, 沈焕庭. 三峡工程与河口生态环境. 北京: 科学出版社, 1994, 253–343
- 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
- 金显仕. 渤海主要渔业生物资源变动的研究. 中国水产科学, 2001, 7(4): 22–26
- 金显仕. 山东半岛南部水域春季游泳动物群落结构的变化. 水产学报, 2003, 27(1): 19–24
- 金显仕, 单秀娟, 郭学武, 等. 长江口及其邻近海域渔业生物群落结构特征. 生态学报, 2009, 29(9): 4761–4772
- 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): 425–435
- 宓崇道. 东海带鱼资源状况、群体结构及繁殖特性变化的研究. 中国水产科学, 1997, 4(1): 7–14
- 钟霞芸, 杨鸿山, 赵立青, 等. 长江口水域氮、磷的变化及其影响. 中国水产科学, 1999, 6(5): 6–9
- 倪勇, 陈亚瞿. 长江口区渔业资源、生态环境和生产现状及渔业的定位和调整. 水产科技情报, 2006, 33(3): 121–123, 127
- 徐兆礼, 陈佳杰. 小黄鱼洄游路线分析. 中国水产科学, 2009, 16(6): 931–940
- 徐兆礼, 陈佳杰. 依据大规模捕捞统计资料分析东黄海白姑鱼种群划分和洄游路线. 生态学报, 2010, 30(23): 6442–6450
- 徐兆礼, 陈佳杰. 东黄海大黄鱼洄游路线的研究. 水产学报, 2011, 35(3): 429–437
- 唐启升, 贾晓平, 郑元甲, 等. 中国专属经济区海洋生物资源与栖息环境. 北京: 科学出版社, 2006, 974–1013
- 程济生. 东、黄海冬季底层鱼类群落结构及其多样性. 渔业科学进展, 2000, 21(3): 1–8
- Bray TR, Curtis JT. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecol Monogr 1957, 27(4): 325–349
- Jin XS, Tang QS. Changes in fish species diversity and dominant

- species composition in the Yellow Sea. *Fish Res*, 1996, 26(3): 337–352
- Margalef DR. Information theory in ecology. *Int J Gen Syst*, 1958, 3(1): 36–71
- Pielou EC. *Ecological Diversity*. New York: John Wiley and Sons, 1975
- Pinkas L, Oliphant MS, Iverson ILK. Food habits of albacore, bluefish tuna, and bonito in California waters. *Water Res*, 1971, 18(6): 653–594
- Ryder RA, Kerr SR, Taylor WW, *et al*. Community consequences of fish stock diversity. *Can J Fish Aquat Sci*, 1981, 38(12): 1856–1866
- Shannon CE, Weaver W. *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press, 1949, 19(7): 1

(编辑 江润林)

Seasonal Variations in Structure of Fishery Resource in the Yangtze River Estuary and Its Adjacent Waters

SUN Pengfei^{1,3}, DAI Fangqun^{1,2}, CHEN Yunlong^{1,2,4}, SHAN Xiujuan^{1,2①}, JIN Xianshi^{1,2}

(1. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Ecological Environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 2. Function Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071; 3. College of Environmental Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100; 4. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071)

Abstract In this study we analyzed the spatial distribution and the diversity of the fishery species in the Yangtze River estuary and its adjacent waters, and explored how they are affected by the environmental factors, based on the bottom trawl survey data collected from August 2012 to May 2013. A total of 114 fishery species (17 orders, 66 families and 90 Genera) were collected, including 58 fish species (12 orders, 36 families and 50 Genera), the richest species was found in Perciformes (26 species), 49 crustacean species (2 orders, 25 families and 33 Genera) and 7 cephalopod species (3 orders, 5 families and 6 Genera). The dominant species were season-dependent, whereas *Harpodon nehereus* was the only all-year-round dominant species. The average catch per haul was highest in autumn (29.20 kg/h-net), followed by that in spring (17.95 kg/h-net), summer (14.60 kg/h-net), and the least in winter (10.15 kg/h-net). Generally the demersal fish and crustaceans constituted the majority in the catch in all seasons, and the percentage of the pelagic fish was only slightly higher in spring (20.1%). The diversity indices of fishery species in spring and summer were higher than those in autumn and winter. The migration index and alternate index of fishery species were higher in spring (163) and summer (176), which meant the higher stability in fisheries community in the Yangtze River estuary. The migration index was close to 0 in summer (6) and winter (−5), suggesting that the immigration and emigration of the fishery species were in a state of balance. The number of fishery species and total catches were significantly positively correlated with the catches of the demersal fish and the crustaceans respectively in all seasons ($P < 0.01$). The number of fishery species in autumn was positively correlated with both the sea surface temperature ($P < 0.05$) and the water depth ($P < 0.01$). These results showed a trend of increase in the low-valued species in the Yangtze River estuary and the adjacent waters. Our study suggested that there were significant seasonal variations in the structure of the fishery resource, and that the number of fishery species, the total catches and the diversity indices were highly related to the sea surface temperature and water depth.

Key words Yangtze River estuary; Fishery resource; Community structure; Seasonal variations; Environmental factor

① Corresponding author: SHAN Xiujuan, E-mail: shanxj@ysfri.ac.cn