中国水产科学 2017 年 7 月, 24(4): 831−844
Journal of Fishery Sciences of China

研究论文

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2017.16248

海州湾张网渔获物种类组成的时空变化及其主要影响因子

唐衍力, 成沙沙, 马舒扬, 王新萌

中国海洋大学 水产学院, 山东 青岛 266003

摘要: 根据 2013 年至 2015 年春、秋两季在海州湾近岸的张网调查数据, 应用多元统计分析方法对海州湾张网渔获物种类组成的时空变化进行研究, 并分析了渔获物种类组成与主要环境、捕捞因子的关系。结果表明: 共调查到 103 种渔获物, 后续分析采用相对丰富度大于 1%的共 23 个物种; 相似性百分比分析表明, 六丝钝尾虾虎鱼(*Amblychaeturichthys hexanema*)和小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)是第一、第二聚类组渔获物种类组成相似的典型种, 其贡献率分别为 26.68%和 41.74%, 同时这 2 个物种也是组间渔获物种类组成差异的分歧种; 非度量多维标度分析和单因素相似性分析表明, 海州湾张网渔获物种类组成站位和月份间差异性显著($P<0.05$), 而年份间无显著性差异($P>0.05$); 冗余分析表明, 影响渔获物种类组成的主要环境因子为海表温度, 其次为离岸距离、叶绿素 a、海表盐度、海面风速及深度, 底质类型影响不显著, 最主要捕捞因子为有效网次, 其次为日均渔获量, 6 个环境因子和 2 个捕捞因子共同解释了 54.11%的渔获物种类组成的差异。本研究旨在通过分析海州湾近岸张网渔获物的种类组成及其与环境、捕捞因子的关系, 为海州湾张网渔业以及小型渔业的研究提供科学依据。

关键词: 海州湾; 张网; 渔获物; 多元统计分析; 环境因子; 捕捞因子; 小型渔业

中图分类号: S963 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005−8737−(2017)04−0831−14

小型渔业主要是指在内陆水域、沿岸海域或近海不使用渔船或使用小型渔船进行小规模捕捞作业的一类渔业[1]。据 FAO 统计, 全球超过 90%的捕捞渔民从事小型渔业, 并且大部分存在于发展中国家[2]。中国海洋资源丰富, 存在着大量的小型渔业, 长期以来, 管理部门和学者的目光主要集中在大、中型渔业上, 而小型渔业长期处于被忽视的状态[3−4]。

张网渔业是典型的小型渔业。张网类渔具是我国分布最广、种类最多、数量最大的传统定置渔具, 广泛应用于渤海、黄海、东海和南海北部的渔业生产活动中[5]。黄渤海区张网渔业产量在其海洋捕捞总产量组成中, 一直居前三位。张网在黄渤海区渔业中占据非常重要的地位, 有其他渔具难以替代的作用[6]。海州湾渔场位于黄海南部, 四季分明, 潮汐性质属正规半日潮, 渔场面积达 7900 km^2, 生物资源丰富, 曾是我国传统八大渔场之一[7]。目前国内学者针对海州湾张网开展过很多相关研究[8−10], 但有关张网渔获物种类组成的时空变化及其与影响因子关系的研究较少, 开展张网渔获物种类组成的研究具有非常重要的意义。本研究以海州湾近岸张网渔业的渔获物为研究对象, 利用 R 语言统计软件分析张网渔获物种类组成差异, 并探求其影响因素, 以期优化张网渔业结构, 为小型渔业的管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 调查地点

根据海州湾张网作业分布, 选取山东日照大泉沟海域 A 站位(35°27.9633′N, 119°35.0797′E)、山东日照岚山海域 B 站位(35°08.000′N, 119°29.000′E)、江苏连云港柘汪海域 C 站位(34°58.500′N, 119°18.500′E)进行张网渔获物调查, 站位分布如图 1 所示。

收稿日期: 2016-08-17; **修订日期:** 2016-10-27.

基金项目: 公益性行业(农业)科技专项项目(201203018).

作者简介: 唐衍力(1965–), 教授, 主要从事选择性渔具渔法、人工鱼礁与海洋牧场方面研究. E-mail: tangyanli@ouc.edu.cn

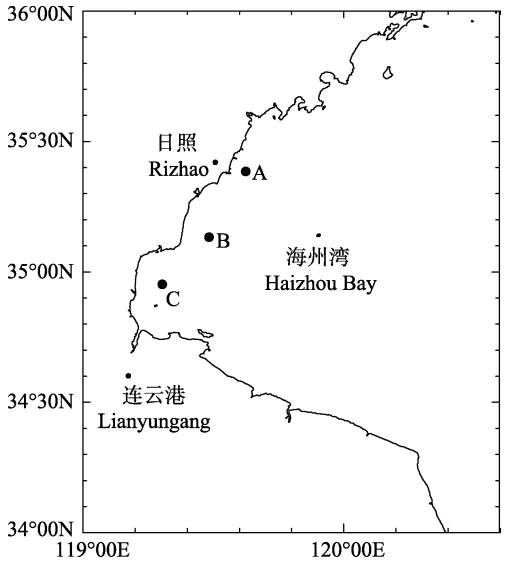

图 1 海州湾张网渔获物调查站位

Fig. 1 Investigation stations in Haizhou Bay of stow net catch

1.2 调查时间和内容

调查时间为 2013、2014 和 2015 年，每年的春、秋季各调查 5 次，共进行了 30 次取样调查，取样时间为当月大潮日。取样渔船均为木质渔船，船长 8~13.8 m，主机功率 13.6~29.4 kW。调查网具为海州湾渔场常用的双桩竖杆张网(04-shG-zh)，A、B、C 等 3 个站位所用张网渔具主尺度分别为 46.00 m×38.40 m; 57.80 m×38.90 m 和 56.40 m×39.48 m。网具材料为聚乙烯，网囊网目尺寸 17 mm。

根据《海洋调查规范第六部分海洋生物调查(GB/T 12763.6-2007)》方法[11]，每次调查对未经分类处理的渔获物随机取样，把样品带回实验室进行分析处理，以种为最小单位鉴定分类，最终记录各类品种测量总重，计算各类品种总重、总数。另外，向渔民分发渔捞日志记录表，进行渔民生产情况调查，获取出海时间、经纬度、放网数量、渔获物分类及重量数据。

1.3 捕捞变量

本研究采用有效网次(effective net, EN)、日均渔获量(daily catch, DC)作为捕捞变量。有效网次指作业当天收取网具数量，作业当天网具丢失、无渔获物、大面积破损均视为无效网次，数据根据渔民记录的渔捞日志获得。日均渔获量指作业当天平均每网渔获物重量，根据渔民记录的渔捞日志进行计算。

1.4 环境变量

共考虑 7 个可能对渔获物种类组成产生影响的环境变量：海表温度(sea surface temperature, SST)、叶绿素 a(chlorophyll-a, CHL)、海面风速(wind speed, WS)、水深(depth, *D*)、离岸距离(land distance, LD)、底质类型(type of seabed, TS)、海表盐度(sea surface salinity, SSS)，数据描述如表 1 所示。

表 1 影响渔获物组成的变量

Tab. 1 Variables as potential effects influencing species catch composition

变量 variable	变量描述 description	主题组 thematic grope
海表温度 sea surface temperature	作业当天渔区平均温度 daily SST mean in the survey location (℃)	环境变量 environmental
叶绿素 a chlorophyll-a	作业当天渔区叶绿素 a 含量 daily CHL-a concentration in the survey (mg/m^3)	环境变量 environmental
海面风速 wind speed	作业当天渔区平均风速 daily wind speed mean in the location (m/s)	环境变量 environmental
水深 depth	作业点深度 mean fishing depth in the fishing location (m)	环境变量 environmental
离岸距离 land distance	作业点离岸水平距离 mean distance to land in the fishing location (km)	环境变量 environmental
底质类型 type of seabed	海底底质类型 type of seabed in the fishing location (砂质、泥质 sand/mud)	环境变量 environmental
海表盐度 sea surface salinity	作业海区海水盐度 daily salinity mean in the location (‰)	环境变量 environmental
有效网次 effective net	作业当天收网数量 daily number of collected nets (ind/d)	捕捞变量 fishery
日均渔获量 daily catch	每日每网渔获重量 daily weight mean of one net kg/(ind·d)	捕捞变量 fishery
年 year	调查的年份 month in which the survey took place (2013–2015	时间变量 temporal
月 month	调查的月份 year in which the survey took place (3–5, 10–12Mar. - May, Oct. Dec.)	时间变量 temporal
经度 longitude	作业渔区平均经度 mean Longitude of the survey location (坐标 coordinates)	空间变量 spatial
纬度 latitude	作业渔区平均纬度 mean Latitude of the survey location (坐标 coordinates)	空间变量 spatial

海表温度、叶绿素 a 取自 NASA Goddard Space Flight Center, MODIS-Aqua 卫星 Sea Surface Temperature、Chlorophyll-a Concentration 数据库。海表盐度取自 NASA Goddard Space Flight Center, Aquarius 卫星 Sea Surface Salinity 数据库。海面风速取自国家卫星气象中心 FY3C 卫星海面风速数据库和 NASA Goddard Space Flight Center, Aquarius 卫星 Scatterometer Wind Speed 数据库。水深数据根据《海洋调查规范第二部分海洋水文观测(GB/T 12763.2-2007)》[12]的规定进行测量。离岸距离为水平离岸距离, 每个站位离岸距离视为固定值。底质类型数据取自《中国海湾志》[7]。

1.5　分析方法

数据分析包括以下 5 个步骤:

(1)聚类分析(cluster analysis, CA)用于渔获物种类的分组, 鉴定相似性较大的物种。以每个站位每次采样为一个样本, 对数据进行平方根转换, 以降低极端值的影响, 然后计算得到 Bray-Curtis 相似性矩阵。采用离差平方和法(Ward 法)进行系统聚类分析, Ward 法采用方差法评估类间距离以减小组间差异[13]。采用 R 中 pvclust 软件包进行分析计算。

(2)相似性百分比分析(similarity percentage analysis, SIMPER), 对聚类分析划分的样品组, 通过相似性百分比分析进一步研究造成每个聚类组结构相似的典型种, 计算每个种对样品组之间的差异贡献率, 以便鉴定造成聚类组结构差异的分歧种[14]。采用 R 中 vegan 软件包进行分析计算。

(3)非度量多维标度分析(non-metric multidimensional scaling, NMDS)用来判断渔获物种类组成和取样站位、调查月份、年份之间的关系, 该种方法可以分析渔获物种类组成的时空变化, 同时采用单因素相似性分析(one-way analysis of similarities, ANOSIM)对时空差异进行显著性检验[15]。采用 R 中 vegan 软件包进行分析计算。

(4)三因素方差分析(3-way analysis of variance, 3-way ANOVA)用于分析年份、月份、站位及其交互作用对环境及捕捞因子的影响, 探究环境和捕捞因子的时空变化[16]。采用 R 中 stats 软件包进行分析计算。

(5)冗余分析(redundancy analysis, RDA)及偏冗余分析(partial redundancy analysis, pRDA)用于分析渔获物种类组成与捕捞、环境因子之间的关系。冗余分析是一种非线性多元直接梯度分析方法, 能从统计学的角度来评价一个或一组变量与另一组多变量数据之间的关系, 其特点是可以结合多个变量, 并独立保持各个变量对渔获物种类组成的贡献率[17]。分析时需对渔获物数据进行对数转换[ln(x+1)]以降低极端值的影响[18], 通过去趋势对应分析(detrended correspondence analysis, DCA), 判断选择基于单峰模型的典范对应分析(canonical correspondence analysis, CCA)还是基于线性模型的 RDA 分析。如果 DCA 分析最长轴小于 3, 选择 RDA 模型; 3 到 4 之间, 选择 CCA 和 RDA 模型均可; 大于 4, 选择 CCA 模型。将渔获物数据矩阵及影响因子矩阵导入 R 软件进行分析, 蒙特卡洛置换检验(Monte Carlo permutation test)用于检验影响因子与种类组成相关的显著性, 剔除不显著的因子后重复进行分析, 直至模型中的所有因子均呈显著性。采用 R 中 vegan 软件包进行分析计算。

2　结果与分析

2.1　渔获物种类组成

2013—2015 年调查共出现 103 个物种, 其中, 鱼类 64 种, 隶属于 13 目, 33 科, 57 属; 甲壳类 28 种, 隶属于 2 目, 15 科, 26 属; 头足类 6 种, 隶属于 3 目, 4 科, 5 属; 还有腹足纲、双壳纲、多毛纲和海星纲。渔获物种类名录见表 2。

取相对丰富度大于 1%的前 23 个物种(累积丰富度为 85.79%, 见表 3)进行数据分析, 其中, 包括鱼类 12 种, 隶属于 4 目, 8 科, 12 属; 甲壳类 7 种, 隶属于 2 目, 6 科, 6 属; 头足类 4 种, 隶属于 3 目, 3 科 3 属。在这 9 个目中, 鲈形目相对丰富度最高, 为 31.39%, 其次是十足目为 19.89%, 口足目 6.54%, 鲱形目 7.14%, 刺鱼目 6.70%, 十腕目 5.77%, 鲛鳐目 4.21%, 枪形目 4.16%, 八腕目 4.18%, 乌贼目 1.58%。各渔获物种类的相对丰富度 R_i、累积丰富度 C_i 的计算公式如下:

表 2 海州湾渔获物种类名录及出现时间
Tab. 2 List and time of catch species of stow net in Haizhou Bay

科 family	种 species	春 spring	秋 autumn
虾蛄科 Squillidae	口虾蛄 *Oratosquilla oratoria*	+	+
玻璃虾科 Pasiphaeidae	细螯虾 *Leptochela gracilis*	+	+
磁蟹科 Porcellanidae	锯额磁蟹 *Porcellana serratifrons*		+
豆蟹科 Pinnotheridae	海洋豆蟹 *Pinnotheribae haiyangensis*	+	+
对虾科 Penaeidae	戴氏赤虾 *Metapenaeopsis dalei*		+
	斑节对虾 *Penaeus monodon*	+	+
	凡纳滨对虾 *Litopenaeus vannamei*	+	+
	中国对虾 *Fenneropenaeus chinensis*	+	+
	细巧仿对虾 *Parapenaeopsis tenella*	+	+
	鹰爪虾 *Trachypenaeus curvirostris*	+	+
	周氏新对虾 *Metapenaeus joyneri*		+
鼓虾科 Alpheidae	日本鼓虾 *Alpheus japonicus*	+	+
	鲜明鼓虾 *Alpheus heterocarpus*	+	+
关公蟹科 Dorippidae	日本关公蟹 *Dorippe japonica*	+	+
褐虾科 Crangonidae	脊腹褐虾 *Crangon affinis*	+	+
	伍氏蝼蛄虾 *Upogebia wuhsienweni*	+	+
蟳蛑科 Portunidae	日本蟳 *Charybdis japonica*		+
	双斑蟳 *Charybdis bimaculata*	+	+
沙蟹科 Ocypodidae	宽身大眼蟹 *Macrophthalmus dilatatum*	+	+
梭子蟹科 Portunidae	三疣梭子蟹 *Portunus trituberculatus*	+	+
樱虾科 Sergestidae	中国毛虾 *Acetes chinensis*		+
藻虾科 Hippolytidae	鞭腕虾 *Hippolysmata vittata*	+	+
	海蜇虾 *Latreutes anoplonyx*	+	+
	长足七腕虾 *Heptacarpus ractirostrs*	+	
	中华安乐虾 *Eualus sinensis*	+	
长臂虾科 Palaemonidae	葛氏长臂虾 *Palaemon gravieri*	+	+
	脊尾白虾 *Exopalamon carincauda*	+	+
蜘蛛蟹科 Majidae	枯瘦突眼蟹 *Oregonia gtacilis*		+
蛸科 Octopodidae	短蛸 *Octopus ocellatus*	+	+
	长蛸 *Octopus variabilis*	+	+
枪乌贼科 loliginidae	日本枪乌贼 *Loligo japonica*	+	+
乌贼科 Sepiidae	金乌贼 *Sepia esculenta*	+	+
耳乌贼科 Sepiolidae	毛氏四盘耳乌贼 *Euprymna morsei*	+	+
	双喙耳乌贼 *Sepiola birostrata*	+	+
黄鲛鳙科 Lophiidae	黄鲛鳙 *Lophius litulon*	+	
鲟科 Sphyraenidae	油鲟 *Sphyraena pinguis*		+
鲻科 Mugilidae	鲻 *Mugil cephalus*	+	+
鲉科 Scorpaenidae	褐菖鲉 *Sebastiscus marmoratus*	+	+
	虻鲉 *Erisphex potti*		+
	铠平鲉 *Sebastes hubbsi*	+	
	单指虎鲉 *Minous monodactylus*		+
鲆科 Platycephalidae	鲆 *Platycephalus indicus*	+	
狮子鱼科 Liparidae	细纹狮子鱼 *Liparis tanakae*	+	

(待续 to be continued)

(续表 2　Tab. 2 continued)

科 family	种 species	春 spring	秋 autumn
六线鱼科 Hexagrammidae	大泷六线鱼 *Hexagrammos otakii*	+	
鲂鲉科 Triglidae	小眼绿鳍鱼 *Chelidonichthys spinosus*		+
银汉鱼科 Atherinidae	凡氏下银汉鱼 *Hypoatherina valenciennei*	+	
鲀科 Tetraodontidae	红鳍东方鲀 *Fugu rubripes*	+	+
	星点东方鲀 *Takifugu ocellatus*	+	+
革鲀科 Aluteridae	绿鳍马面鲀 *Thamnaconus modestus*	+	+
康吉鳗科 Congridae	星康吉鳗 *Astroconger myriaster*	+	
玉筋鱼科 Ammodytidae	玉筋鱼 *Ammodytes personatus*	+	+
鮡科 Callionymidae	短鳍鮡 *Callionymus personatus*	+	+
	李氏鮡 *Repomucenus richardsonii*	+	+
虾虎鱼科 Gobiidae	红狼牙虾虎鱼 *Odontamblyopus rubicundus*	+	+
	黄鳍刺虾虎鱼 *Acanthogobius ommaturus*	+	+
	六丝钝尾虾虎鱼 *Amblychaeturichthys hexanema*	+	+
	矛尾虾虎鱼 *Chaeturichthys sitigmatias*	+	+
	普氏缰虾虎鱼 *Amoya pflaumi*	+	+
	纹缟虾虎鱼 *Tridentiger trigonocephalus*	+	+
	小头栉孔虾虎鱼 *Ctenotrypauchen microcephalus*	+	+
	长丝虾虎鱼 *Crytocentrus filifer*	+	+
	钟馗虾虎鱼 *Triaenopogon barbatus*	+	+
鳕科 Sillaginidae	多鳞鳕 *Sillago sihama*	+	+
天竺鲷科 Apogonidae	细条天竺鲷 *Apogonichthys lineatus*		+
鳐科 Uranoscopidae	青鳐 *Gnathagnus elongatus*	+	+
石首鱼科 Sciaenidae	白姑鱼 *Argyrosomus argentatus*	+	+
	棘头梅童鱼 *Collichthys lucidus*	+	+
	皮氏叫姑鱼 *Johnius belangeril*	+	+
	小黄鱼 *Larimichthys polyactis*		+
石鲷科 Oplegnathidae	条石鲷 *Oplegnathus fasciatus*	+	+
鲹科 Carangidae	蓝圆鲹 *Decapterus maruadsi*		+
	六带鲹 *Caranx sexfasciatus*		+
锦鳚科 Pholidae	方氏云鳚 *Enedrias fangi*	+	+
	繸鳚 *Azuma emmnion*	+	
	云鳚 *Enedrias nebulosus*	+	+
带鱼科 Trichiuridae	带鱼 *Trichiurus japonicus*	+	+
	小带鱼 *Eupleurogrammus muticus*	+	+
鲳科 Stromateidae	银鲳 *Pampus argenteus*	+	+
颌针鱼科 Benlonidae	扁颌针鱼 *Ablennes hians*	+	+
鱵科 Hemiramphidae	日本鱵 *Hyporhamphus sajori*	+	+
银鱼科 Salangidae	安氏新银鱼 *Neosalanx anderssoni*	+	
	大银鱼 *Protosalanx chinensis*	+	
	小银鱼 *Leuresthes tenuis*	+	
鳀科 Engraulidae	赤鼻棱鳀 *Thryssa kammalensis*	+	+
	黄鲫 *Setipinna taty*	+	
	康氏侧带小公鱼 *Scutengraulia commersonii*	+	+
	日本鳀 *Engraulis japonicus*	+	+

(待续　to be continued)

(续表 2 Tab. 2 continued)

科 family	种 species	春 spring	秋 autumn
	中颌棱鳀 *Thryssa mystax*	+	+
	中华侧带小公鱼 *Stolephorus chinensis*	+	+
鲱科 Clupeidae	斑鰶 *Konosirus punctatus*	+	+
	青鳞小沙丁 *Sardinelia zunasi*	+	+
牙鲆科 Paralichthyidae	牙鲆 *Paralichthys olivaceus*		+
舌鳎科 Tonguefish	半滑舌鳎 *Cynoglossus semilaevis*	+	
	短吻红舌鳎 *Cynoglossus joyneri*	+	+
	长吻红舌鳎 *Cynoglossus lighti*	+	+
狗母鱼科 Synodontidae	长蛇鲻 *Saurida elongata*		+
海龙科 Syngnathidae	日本海马 *Hippocampus japonicus*	+	
	尖海龙 *Syngnathus acus*	+	+
侧鳃科 Pleurobranchidae	蓝无壳侧鳃 *Pleurbranchaea novaezealandiae*	+	+
贻贝科 Mytilidae	紫贻贝 *Mytilus edulis*	+	+
鳞沙蚕科 Aphroditidae	澳洲鳞沙蚕 *Aphrodita australis*	+	+
海盘车科 Asteriidae	多棘海盘车 *Asterias amurensis*	+	+
海燕科 Asterinidae	海燕 *Asterina pectinifera*	+	+

注: “+”表示出现.
Note: “+” denotes it appears in catches.

$$R_i = \frac{W_i}{W} \times 100\%$$

$$C_i = \sum_{1}^{i} R_i$$

式中, W_i 为 30 次取样第 i 种渔获物的总重量; W 为 30 次取样全部渔获物总重量。

2.2 渔获物种类之间的关系

聚类分析如图 2 所示, 在类间距离=1.8 时, 23 种渔获物分为 2 组: 第一聚类组包括 15 个物种即黄鲛鳙、红狼牙虾虎鱼、细螯虾、玉筋鱼、斑鰶、双喙耳乌贼、日本鼓虾、口虾蛄、鲜明鼓虾、尖海龙、双斑鲟、短鳍鮡、六丝钝尾虾虎鱼、长蛸、普氏缰虾虎鱼。第二聚类组包括 8 个物种即赤鼻棱鳀、青鳞小沙丁、斑鰶、鹰爪虾、日本鳀、日本枪乌贼、小黄鱼、三疣梭子蟹。

相似性百分比分析得出: 第一聚类组中, 六丝钝尾虾虎鱼相似性贡献率最高为 26.68%; 其次是尖海龙, 贡献率为 16.86%; 鲜明鼓虾和口虾蛄的贡献率分别为 11.01%和 9.42%, 这 4 个物种的累积贡献率达到了 63.97%。如图 3, 同时这也是第一聚类组相对丰富度最高的 4 个物种。第二聚类组中, 小黄鱼的相似性贡献率最高, 达到了 41.74%; 其次是三疣梭子蟹和日本枪乌贼, 贡献率分别为 18.50%和 17.13%, 这 3 个物种的累积贡献率达到了 77.37%。同时如图 3, 这 3 个物种是第二聚类组相对丰富度最高的物种。

小黄鱼和六丝钝尾虾虎鱼为两个聚类组渔获物种类组成差异的分歧种, 贡献率分别为 11.87%和 10.28%, 其次是尖海龙(8.66%)、日本枪乌贼(6.57%)和口虾蛄(6.39%), 三疣梭子蟹和鲜明鼓虾的贡献率为 6.15%和 5.96%, 其他种类的贡献率均在 5%以下。

2.3 渔获物种类的时空变化

非度量多维标度分析显示, 海州湾张网渔获物种类组成在站位和月份之间的差异显著, 单因子相似性分析(one-way ANOSIM)检验显示渔获物种类组成在统计学上差异显著(P<0.05); 而在年份之间其差异程度较小, 并且在统计学上差异不显著(P>0.05)。

如图 4 中站位图所示, 尖海龙、双斑鲟、双喙耳乌贼和日本枪乌贼等在 A 站位出现频率相对较高; 小黄鱼、三疣梭子蟹在 B 站位分布更集中;

表 3　海州湾张网主要渔获种类相对丰富度及代码

Tab. 3　Relative abundance and codes of main catch species of stow net in Haizhou Bay

主要种 main species	总重/g total weight	相对丰富度 R_i/% relative abundance	累积丰富度 C_i/% cumulative abundance	物种代码 species code
六丝钝尾虾虎鱼 *Amblychaeturichthys hexanema*	63127.18	16.03	16.03	s1
小黄鱼 *Larimichthys polyactis*	30434.91	7.73	23.76	s2
尖海龙 *Syngnathus acus*	26379.35	6.70	30.46	s3
口虾蛄 *Oratosquilla oratoria*	25739.03	6.54	37.00	s4
三疣梭子蟹 *Portunus trituberculatus*	20041.49	5.09	42.09	s5
鲜明鼓虾 *Alpheus heterocarpus*	18515.21	4.70	46.79	s6
黄鲛鳙 *Lophius litulon*	16587.42	4.21	51.00	s7
日本枪乌贼 *Loligo joponica*	16398.00	4.16	55.16	s8
红狼牙虾虎鱼 *Odontamblyopus rubicundus*	15042.22	3.82	58.98	s9
双斑蟳 *Charybdis bimaculata*	14648.35	3.72	62.70	s10
鹰爪虾 Trachypenaeus curvirostris	10552.55	2.68	65.38	s11
短蛸 *Octopus ocellatus*	9413.42	2.39	67.77	s12
日本鼓虾 *Alpheus Japonicus*	8414.27	2.14	69.91	s13
赤鼻棱鳀 *Thryssa kammalensis*	8082.56	2.05	71.96	s14
青鳞小沙丁 *Sardinelia zunasi*	8068.95	2.05	74.01	s15
日本鳀 *Engraulis japonicus*	7855.88	1.99	76.00	s16
长蛸 *Octopus variabilis*	7053.61	1.79	77.79	s17
双喙耳乌贼 *Sepiola birostrata*	6240.08	1.58	79.37	s18
细螯虾 *Leptochela gracilis*	6156.26	1.56	80.93	s19
普氏缰虾虎鱼 *Amoya pflaumi*	5893.13	1.50	82.43	s20
短鳍鮋 *Callionymus personatus*	5040.97	1.28	83.71	s21
斑鰶 *Konosirus punctatus*	4096.06	1.04	84.75	s22
玉筋鱼 *Ammodytes personatus*	4077.21	1.04	85.79	s23

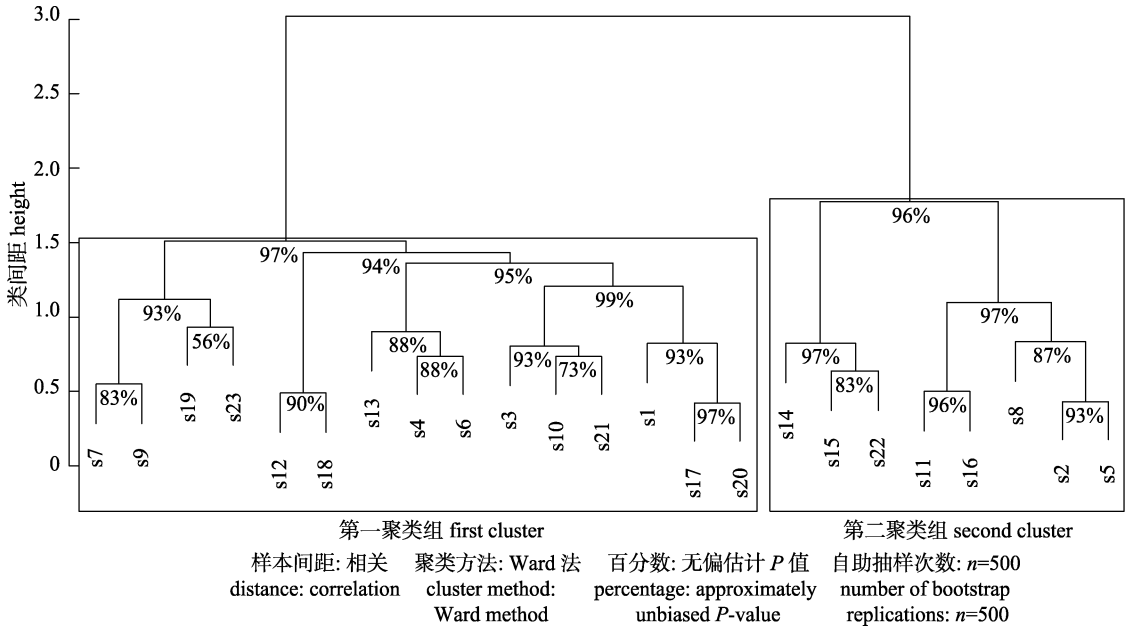

图 2　海州湾渔获聚类分析谱系图

Fig. 2　Dendrogram of cluster analysis of catch species in Haizhou Bay

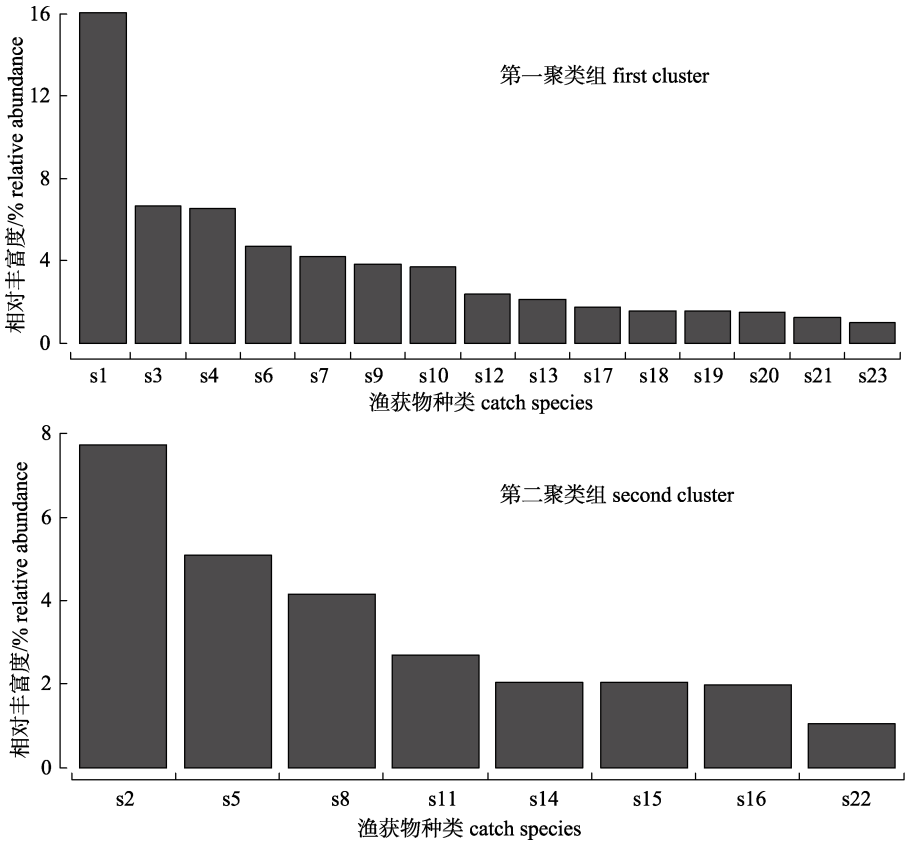

图 3 海州湾渔获各聚类组渔获物相对丰富度

Fig. 3 Relative abundance of catches of each cluster group of catch species in Haizhou Bay

赤鼻棱鳀、青鳞小沙丁、日本鼓虾和红狼牙虾虎鱼等在 C 站位分布更丰富。B 站位渔获物组成呈现集中态势，而 A、C 站位渔获物种类组成多样性较高。年份图显示，玉筋鱼和长蛸在 3 个调查年份之间的分布较分散，其他物种在调查年份之间的分布较为平均。月份图显示，3 月份双喙耳乌贼、短蛸、尖海龙、普氏缰虾虎鱼、细螯虾出现频率较高，4 月份长蛸、短鳍鳗、玉筋鱼、双斑鲟物种分布较丰富，12 月份日本鼓虾、口虾蛄分布较集中，结合聚类分析可知这些物种主要分布在第一聚类组中；5 月份赤鼻棱鳀、黄鲛鳙、斑鰶分布较多；10 月份小黄鱼、三疣梭子蟹、日本枪乌贼分布比较密集；日本鳀、鹰爪虾在 11 月份分布相对较丰富，这些物种主要分布在第二聚类组中。

2.4 海州湾环境、捕捞因子的时空变化

三因素方差分析结果显示年份、月份和站位之间的交互效应对环境、捕捞因子的影响较小，因此表 4 仅列出了时空三因素主效应对环境、捕捞因子的影响。结合表 4、图 5，海表温度有显著的时间差异，其中 2014 年温度高于 2013、2015 年；月份间春季末、秋季初温度较高，呈现上升-下降趋势。叶绿素 a 存在显著的时间差异，其中 2015 年浓度高于 2013、2014 年，月份间以 4、5 月最高，大致呈现春高秋低态势。海表盐度存在显著时空差异，春季盐度高于秋季，站位间 B、C 高于 A。海面风速月份间有波动，在春、秋季中均呈现上升—下降趋势。水深、离岸距离均存在空间差异。有效网次在年份间呈现下降态势；月份中 4 月最高，10 月最低，整体春季高于秋季；站位间 A 处最高，B 处最低。日均渔获量存在显著的时空差异，月份间 10 月份最高，站位间 B 处最高。

2.5 渔获物种类与环境、捕捞因子的关系

去趋势对应分析前 4 个排序轴中最长轴(2.3253)小于 3，选择线性模型。张网渔获物种类组成的影响因子在 DCA 排序的基础上，进行 RDA 分析，6 个环境因子和 2 个捕捞因子共同解释了 54.11%的渔获物种类组成。蒙特-卡罗置换检验(P<0.01)表明，环境因子中底质类型对渔获

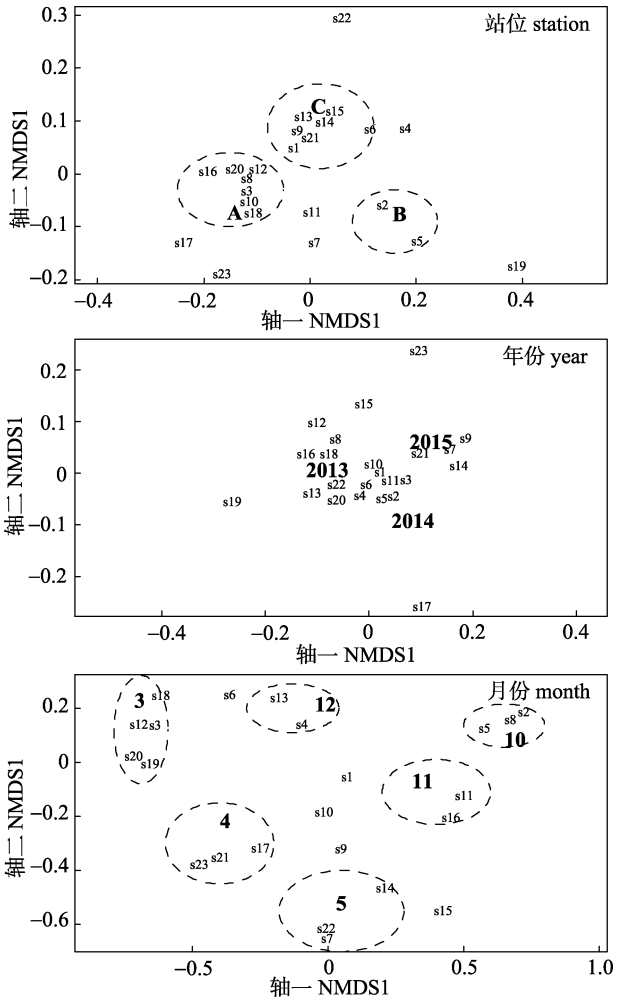

图 4　海州湾渔获站位、年份和月份的多维标度分析图

Fig. 4　Multidimensional scaling of different stations, years and months of catch species in Haizhou Bay

表 4　海州湾环境、捕捞因子时空变动

Tab. 4　Temporal-spatial variation of environmental and fishing factors in Haizhou Bay

因子 factor	年 year	月份 month	站位 station
海表温度 sea surface temperature	**	***	
叶绿素 a chlorophyll-a	*	*	
海表盐度 sea surface salinity		*	*
海面风速 wind speed		*	
水深 depth			***
离岸距离 land distance			***
底质类型 type of seabed			***
有效网次 effective net	**	***	***
日均渔获量 daily catch		***	**

注: “*”表示年份、月份、站位对环境和捕捞因子的影响显著性. *: $P<0.05$; **: $P<0.01$; ***: $P<0.001$.

Note: “*”denotes significant difference in environmental and fishing factors among year, month and station. *: $P<0.05$; **: $P<0.01$; ***: $P<0.001$.

物种类组成的时空差异影响不显著, 其他 6 个环境因子和 2 个捕捞因子影响显著。

利用偏 RDA 分析, 排除捕捞因子后环境因子对渔获物种类组成的解释量为 26.40%, 在环境因子中: 海表温度解释量最高为 27.74%; 其次是离岸距离为 18.43%、叶绿素 a(16.22%)、海表盐度(13.78%)和海面风速(13.68%); 深度解释量只占 10.15%。排除环境因子后捕捞因子对渔获物组成的解释量为 8.18%, 在捕捞因子中: 有效网次的解释量很高, 达到了 67.49%; 日均渔获量解释量为32.51%。环境、捕捞因子的共同解释量为17.94%。

渔获物种类组成与环境、捕捞因子的 RDA 二维排序图如图 6 所示, 第一主成分轴与温度呈最大正相关, 与有效网次呈最大负相关; 第二主成分轴与离岸距离呈最大正相关, 与叶绿素 a 呈最大负相关。

第一聚类组大多数种类与有效网次和海表盐度显著相关, 第二聚类组主要与海表温度和日均渔获量相关性大, 第二聚类组中的小黄鱼和三疣梭子蟹与日均渔获量呈正相关, 鹰爪虾、日本鳀和海表温度呈正相关。六丝钝尾虾虎鱼位于排序轴的中央, 其与各因子的相关性均较低。

3　讨论

目前多变量分析方法广泛应用到渔业领域研究中, 例如研究栖息地特征和捕捞因素对鱼类种群的影响等[19−21]。本文应用多变量方法来阐述海州湾张网渔获物种类组成的时空变化及其与环境、捕捞因子的关系, 由结果可知, 环境和捕捞因子存在时空变动, 渔获物种类组成受多种影响因子的综合作用。分析的所有因素中, 除海底底质之外, 其他因素都对渔获物的种类组成有显著影响。

3.1　渔获物种类组成的时空特征

海州湾张网渔获物种类组成存在着显著的时空差异。月份间差异极显著, 一年中渔获物种类组成模式变化明显, 也反映出其在春、秋季节差异显著。本研究与唐衍力等[22]于 2011—2012 年度调查分析海州湾张网渔获物种类在季节间差异显著, 年份间无显著性变化结果相一致。年份间渔获物种类组成无显著差异, 证明海州湾近岸张网

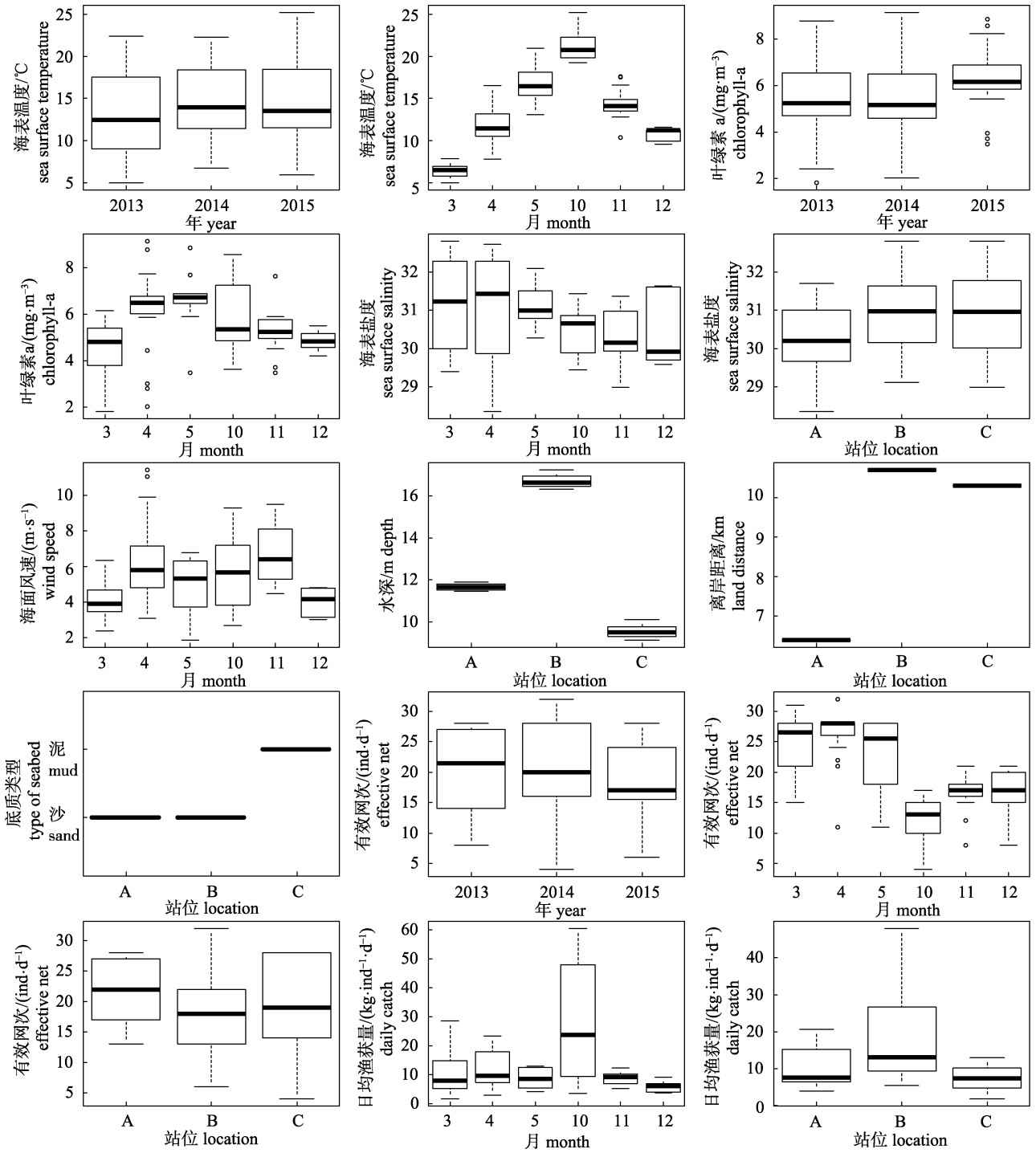

图 5 海州湾环境、捕捞因子时空变动

仅列出年份、月份、站位对环境和捕捞因子有显著及以上影响的项.

Fig. 5 Temporal-spatial variation of environmental and fishing factors in Haizhou Bay

Only listed the significantly different items of environmental and fishing factors which are influenced by year, month and station.

渔业处于较为稳定的状态。空间中不同站位间渔获物种类组成差异显著, 说明 3 个站位种群分布不均匀。

第二聚类组中相对丰富度最高的 2 个经济物种小黄鱼和三疣梭子蟹的相关性程度较高, 说明其具有相似的时空分布特性。小黄鱼为典型洄游物种, 海州湾附近海域的小黄鱼群体春季进入沿岸海湾产卵, 9—11 月形成高密度鱼群, 12 月鱼群

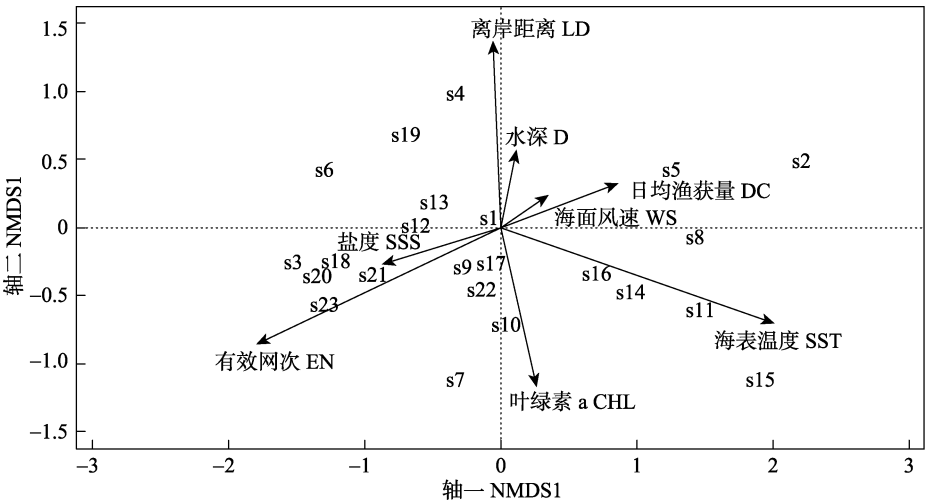

图 6　渔获物种类与环境和捕捞因子的 RDA 排序图

Fig. 6　RDA ordination of catch species with environmental and fishing factors

CHL: chlorophyll-a; D: depth; DC: daily catch; EN: effective net;
LD: land distance; SSS: sea surface salinity; WS: wind speed; SST: sea surface temperature;

越冬洄游[23]。黄海三疣梭子蟹群体于 5 月开始产卵，雌蟹聚集于近岸浅海港湾或河口附近繁殖，经过 6—8 月休渔期的养护，资源量达到较高水平。以往分析资料表明，小黄鱼与三疣梭子蟹分属广食性及底栖动物食性功能群，其捕食物种类存在重叠[24]，同时两个物种均具有昼伏夜出的生活习性，栖息水层相近。

3.2　环境因子对渔获物种类组成的影响

渔获物种类组成在时空上呈现不同特性，与多种环境因子有十分密切的关系，与 2015 年 Pennino[25]对巴西东部塞尔希培州和北部巴伊亚沿岸海域的研究结果相似。应用冗余分析(RDA)很好地解释了海州湾张网渔获物种类组成与环境因子的关系，一定程度上揭示了不同种类渔获物对外界环境条件的适应性[20]。根据本文的分析结果，环境因子的解释量(26.40%)高于捕捞因子的解释量(8.18%)，说明环境因子对渔获物种类组成的影响更显著。

海表温度是影响海州湾张网渔获物种类时空分布最显著的环境因子，这与翟璐[26]2011 年调查胶州湾及其邻近海域鱼类群落结构与环境因子的关系时，得出胶州湾鱼类分布受水温影响最大的研究结果一致。海州湾是一个温带海湾，环境因子的季节性变化十分明显。调查取样当天海表最高温度 25.27℃，最低温度 4.95℃，温度变化是导致渔获物时空分布的主要因素，例如赤鼻棱鳀和青鳞小沙丁在水温较高的 5 月份产量较高，RDA 排序图显示这 2 个种与海表温度呈正相关；而细螯虾、日本鼓虾和鲜明鼓虾在温度较低的 3 月份和 12 月份产量较高，RDA 显示这些物种与海表温度呈负相关。

曾有研究表明，离岸距离、叶绿素 a、水深等因素也会引起渔业资源时空分布差异[27−29]。叶绿素 a 是浮游植物光合作用的主要色素，是海洋中浮游植物现存量和初级生产力的一个良好指标[30]。叶绿素 a 通过影响海洋中初级生产力对渔获物种类的时空分布造成影响，海州湾张网渔获物种类组成的时空分布与叶绿素 a 显著相关，其中斑鰶、双斑蟳分布与叶绿素 a 呈正相关，与其主食浮游动、植物食性相符[31]。海风作用于海水产生波动影响海洋生物的运动与分布，从而影响张网渔获物的种类组成。离岸距离和水深导致的渔获物种类组成差异则主要取决于不同种类的栖息特性。邱永松[32]曾提出，底质类型的不同可能是造成鱼类群落组成差异的原因之一，而本文研究结果底质类型对渔获物种类组成没有显著影响，可能由于 3 个站位距离较近，底质组成相似造成。

3.3　捕捞因子对渔获物种类组成的影响

捕捞因子对渔获物种类组成的相关研究较少，捕捞因子虽不及环境因子解释量大，但研究捕捞变

量对海州湾张网渔获物种类组成同样有重要意义。

有效网次是捕捞努力量的代表，直接影响渔获总产量以及作业范围，从而影响渔获物种类组成，在捕捞因子中有效网次对渔获物种类组成的影响远高于日均渔获量。有效网次对渔获物种类数无显著影响，对渔获物种类重量比例影响显著。日均渔获量是一个类似单位捕捞努力量渔获量(CPUE)的指标，可以从一定程度上反映渔业资源密度[33]。短鳍鳐、玉筋鱼和普氏缰虾虎鱼与有效网次呈正相关，推测可能与其种群大规模集群相关[34]；小黄鱼、三疣梭子蟹与日均渔获量呈正相关，表明其为渔汛的主要种类[35]。本研究的有效网次是渔民的实际作业生产数据，今后尚需对网具投放数量设计相关实验，探究其与渔获物种类组成的具体关系。之前很少研究提出有效网次与日均渔获量对渔获物组成的影响，由于调查海区以及使用网具的局限性，所以结论有待进一步验证。

渔业资源的时空变化受多种因子综合作用的影响，本文所研究的环境变量和捕捞变量有待补充，今后需要对可能影响海州湾张网渔获物种类组成的其他变量以及渔获物种类之间的关系进行进一步分析，以期对张网渔业的研究提供科学依据，以及对中国小型渔业的研究提供参考。

参考文献：

[1] Chen Y Y, Tang Y. Small-scale fisheries and management[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2013, 22(5): 749−754. [陈园园, 唐议. 国际小型渔业管理研究现状[J]. 上海海洋大学学报, 2013, 22(5): 749−754.]

[2] FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture[R]. Rome: FAO, 2012: 11−17.

[3] Yang C X. Preliminary studies on Chinese small-scale fishery and its management[D]. Qingdao: The Ocean University of China, 2011: 11. [杨晨星. 中国小型渔业及其管理研究初探[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2011: 11.]

[4] Sowman M. Subsistence and small-scale fisheries in South Africa: A ten-year review[J]. Mar Policy, 2006, 30(1): 60−73.

[5] Li B D. The Investigation and Regionalization of Marine fishing gear in China[M]. Hangzhou: Press of Zhejiang Science and Technology, 1990: 120−122. [李豹德. 中国海洋渔具调查和区划[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1990: 120−122.]

[6] Sun Z Z, Zhou J, Zhao Z L, et al. The fishing structure of the Yellow Sea and Bohai Sea[J]. Marine Sciences, 2012, 36(6): 44−53. [孙中之, 周军, 赵振良, 等. 黄渤海区捕捞结构的研究[J]. 海洋科学, 2012, 36(6): 44−53.]

[7] Compiling Committee of Records of China Bays. Records of China Bays 4th Fascicule (The bays in southern part of Shandong Peninsula and in Jiangsu)[M]. Beijing: Ocean Press, 1993: 356-385. [中国海湾志编纂委员会. 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: 356−385.]

[8] Bai L, Zhang X F, Pingguo H E, et al. Relative selectivity of crab pots for Portunus trituberculatus based on stow net catch in the East China Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2015, 22(2): 340−346. [白伦, 张新峰, Pingguo H E, 等. 基于张网渔获的蟹笼渔具对三疣梭子蟹的相对选择性[J]. 中国水产科学, 2015, 22(2): 340−346.]

[9] Li Z G, Ye Z J, Zhang C, et al. Effects of environmental factors on catch distribution of stow net *Pseudosciaena polyactis* and *Lophius litulon* in southern Yellow Sea in spring[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2012, 23(10): 2887−2892. [李增光, 叶振江, 张弛, 等. 环境因子对黄海南部春季帆张网小黄鱼和黄鲛鳐渔获分布的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(10): 2887−2892.]

[10] 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. [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.]

[11] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine. Specifications for oceanographic survey-Part 6: Marine biological survey GB/T12763.6 -2007[S]. Beijing: Standards Press of China, 2007: 1−6. [中国国家质量监督检验检疫总局. 海洋调查规范第 6 部分: 海洋生物调查 GB/T12763.6-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 1−6.]

[12] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine. Specifications for oceanographic survey-Part 2: Marine hydrographic observation GB/T12763.2-2007[S]. Beijing: Standards Press of China, 2007: 2−8. [中国国家质量监督检验检疫总局. 海洋调查规范第 2 部分: 海洋水文观测 GB/T12763.2-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 2−8.]

[13] Gao H X. Multivariate Statistical Analysis[M]. Beijing: Peking University Press, 2005: 230−290. [高惠璇. 应用多元统计分析[M]. 北京: 北京大学出版社, 2005: 230−290.]

[14] Clarke K R, Warwick R M. Changes in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation 2nd Edition[M]. Plymouth: PRIMER-E Ltd, 2001: 15−25.

[15] Clarke K R. Nonparametric multivariate analyses of changes in community structure[J]. Austral Ecol, 1993, 18(1): 117−143.

[16] Munga C N, Mwangia S, Ong'andaa H. Species composition,

distribution patterns and population structure of penaeid shrimps in Malindi-Ungwana Bay, Kenya, based on experimental bottom trawl surveys[J]. Fish Res, 147: 93−102.

[17] Borcard D, Legendre P, Drapeau P. Partialling out the spatial component of ecological variation[J]. Ecology, 1992, 73(3): 1045−1055.

[18] Sadio O, Simier M, Ecoutin J M, et al. Effect of a marine protected area on tropical estuarine fish assemblages: Comparison between protected and unprotected sites in Senegal[J]. Ocean Coast Manage, 2015, 116: 257−269.

[19] Dominique P, Ferraris J. A multivariate approach for defining fishing tactics from commercial catch and effort data[J]. Can J Fish Aquat Sci, 2000, 57(1): 51−65.

[20] Rice J. Evaluating fishery impacts using metrics of community structure[J]. ICES J Mar Sci, 2000, 57(3): 682−688.

[21] Willis T J, Anderson M J. Structure of cryptic reef fish assemblages: relationships with habitat characteristics and predator density[J]. Mar Ecol Prog Ser, 2003, 257: 209−221.

[22] 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]. Journal of Ocean University of China, 2014, 44(7): 29−38. [唐衍力, 齐广瑞, 王欣, 等. 海州湾近岸张网渔获物种类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.]

[23] Xu Z L, Chen J J. Analysis on migratory routine of *Larimichthy polyactis*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16(6): 931−940. [徐兆礼, 陈佳杰. 小黄鱼洄游路线分析[J]. 中国水产科学, 2009, 16(6): 931−940.]

[24] Tang B, Tang Q S, Jin X S. Functional groups of communities and their major species at high trophic level in the Yellow Sea ecosystem[J]. Acta Ecol Sin, 2009, 29(3): 1099−1111. [张波, 唐启升, 金显仕. 黄海生态系统高营养层次生物群落功能群及其主要种类[J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1099−1111.]

[25] Penninoa M G, Thomé-Souzab M J F, Carvalhoa A R. A spatial multivariate approach to understand what controls species catch composition in small-scale fisheries[J]. Fish Res, 175: 132−141.

[26] 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. [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.]

[27] Li M, Li Z G, Xu B D, et al. Effects of spatiotemporal and environmental factors on the distribution and abundance of Pholis fangi in Haizhou Bay using a generalized additive model[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2015, 22(4): 812−819. [李敏, 李增光, 徐宾铎, 等. 时空和环境因子对海州湾方氏云鳚资源丰度分布的影响[J]. 中国水产科学, 2015, 22(4): 812−819.]

[28] Liu J K. The Ecological Research of East Lake (one)[M]. Beijing: Science Press, 1990: 152−164. [刘建康. 东湖生态学研究(一)[M]. 北京: 科学出版社, 1990: 152−164.]

[29] Nodder S D, Pilditch C A, Probert P K, et al. Variability in benthic biomass and activity beneath the Subtropical Front, Chatham Rise, SW Pacific Ocean[J]. Deep Sea Res Part Ⅰ, 2003, 50(8): 959−985.

[30] Sun X X, Sun S, Zhang Y S, et al. Long-term changes of chlorophyll-a concentration and primary productivity in the Jiaozhou Bay[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2011, 42(5): 654−661. [孙晓霞, 孙松, 张永山, 等. 胶州湾叶绿素 a 及初级生产力的长期变化[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(5): 654−661.]

[31] Tang X W, Tang Q S, Sun Y, et al. The Consumption and ecological conversion efficiency of dotted gizzard shad (*Clupanodon punctatus*)[J]. Marine Fisheries Research, 1999, 20(2): 17−25. [郭学武, 唐启升, 孙耀, 等. 斑鰶的摄食与生态转换效率[J]. 海洋水产研究, 1999, 20(2): 17−25.]

[32] Qiu Y S. The regional changes of fish community on the northern continental shelf of South China Sea. [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.]

[33] Zhan B Y. Fish Stock Assessment[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2005: 59−74. [詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 59−74.]

[34] Chen C H. A preliminary study on the reproductive characters of *Ammodytes personatus* in the Yellow Sea[J]. Marine Fisheries Research, 2007, 28(2): 15−22. [陈昌海. 黄海玉筋鱼繁殖习性的初步研究[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(2): 15−22.]

[35] 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. [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.]

Temporal-spatial variability in the composition of catch by a stow net installed at Haizhou Bay and its influencing factors

TANG Yanli, CHENG Shasha, MA Shuyang, WANG Xinmeng

College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China

Abstract: The Administrative Department of Fisheries and Researchers has focused almost exclusively on the industrialized fishing sector. Nevertheless, small-scale fisheries account for more than 90% of the world's capture fisheries and fish workers. Thus, complete understanding of the dynamics of small-scale fisheries and exploring the factors that drive fishery activity are urgently needed. Many multivariate methods have been applied to small-scale fishery data in order to distinguish the factors that influence catch composition. This study used multivariate methods to evaluate the spatial variations of catch composition and analyzed the relationships between environmental/fishing factors and catch composition. The survey data from 2013 to 2015 were obtained from 3 stations in Haizhou Bay where stow nets are used. In all, 103 species were captured. We selected 23 species whose weight was more than 1% of all catch species, to analyze the factors that influenced the catch composition. The 23 catch species accounted for 85.79% of the total weight. Cluster analysis (CA) was used to assess the catch species composition, and the CA dendrogram showed two groups, which were significant at the 95% confidence interval ($P<0.05$). Approximately 15 catch species were included in the first cluster and 8 in the second cluster. According to the results of similarity percentage analysis, *Amblychaeturichthys hexanema, Syngnathus acus*, and *Alpheus heterocarpus* were the main contributors to the similarity between the samples of the first cluster, and their similarity contribution rates were 26.68%, 16.86%, and 11.01%, respectively. The second cluster was represented by *Larimichthys polyactis, Portunus trituberculatus*, and *Odontamblyopus rubicundus*, and their similarity contribution rates were 41.74%, 18.50%, and 17.13%, respectively. Further, the two clusters were distinguished from each other by *A. hexanema* and *L. polyactis*, and their variance contributions were 11.87% and 10.28%, respectively. The non-metric multidimensional scaling (NMDS) discriminated stations, years, and months with respect to species catch composition. Both NMDS plots and one-way analysis of similarities indicated that catch species composition changed significantly among different stations and different months ($P<0.05$), but not significantly among different years ($P>0.05$). The redundancy analysis (RDA) suggested that environmental and fishing factors had significant effects on catch species composition. These variables jointly explained 54.11% of the total variance of the selected species. Among the fishing factors, effective net was the most important factor that explained 67.49% of the total variance, and the daily catch explained 32.51% of the variance. Among the environmental factors, sea surface temperature was the most important factor that explained 27.74% of the total variance, followed by land distance (18.43%), chlorophyll-a content (16.22%), sea surface salinity (13.78%), and wind speed (13.68%); depth only explained 10.15% of the total variance. Effective net was the most important factors driving catch species composition in the first cluster. In contrast, catch composition of the second cluster was influenced by sea surface temperature and wind speed. The partial RDA that included only environmental variables explained 26.40% of the variance, showing that environmental factors explained a significant proportion of the variation in catch species composition. Approximately 8.18% of the variance was explained by the removal of environmental variables. For example, *L. polyactis* and *P. trituberculatus* in the second cluster showed a positive relationship with daily catch, and *Engraulis japonicus* showed a positive relationship with sea surface temperature, whereas *A. hexanema* had no significant association with any of the variables. Catch composition of stow nets installed at Haizhou Bay varied temporally and spatially and was influenced by the combined effects of a range of environmental and fishing factors. Identifying factors influencing small-scale fisheries could be a critical step to implement marine fishery management measures that are more likely to succeed.

Key words: Haizhou Bay; stow net; catch; multivariate analysis; environmental factors; fishing factors; small-scale fisheries

Corresponding author: TANG Yanli. E-mail: tangyanli@ouc.edu.cn