

岱衢洋拖网甲壳动物多样性的季节变化*

张洪亮 潘国良 王伟定 周永东 徐汉祥

(浙江省海洋水产研究所 农业部重点渔场渔业资源科学观测实验站 舟山 316100)

提要 根据 2010 年春季(5 月)、夏季(8 月)、秋季(11 月)与 2011 年冬季(2 月)对岱衢洋进行的共 4 个航次的底拖网渔业资源调查资料,对该海域的甲壳动物多样性进行了分析。结果表明,共捕获甲壳动物 21 种,其中虾类 13 种、蟹类 7 种、虾蛄类 1 种,隶属于 2 目 14 科 18 属;甲壳动物的生物量与尾数密度均以秋季为最高,春季则正好相反,且该两季的生物量与尾数密度间差异均显著($P < 0.05$);广温广盐种在种类数量、生物量与尾数密度方面均居主导地位;Margalef 丰富度指数(D)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Pielou 均匀度指数(J)的最小值均出现在冬季,表明该季甲壳动物群落的丰富度、多样性与均匀性都较低,另外, D 值、 H' 值夏、秋两季高,冬、春两季低,与较外海域的情况正好相反,这主要是其对底层水温季节变化的一种响应。

关键词 岱衢洋,甲壳动物,IRI,多样性,优势种

中图分类号 Q958.1

岱衢洋位于舟山群岛岱山的长涂岛和衢山岛之间,其优越的地理位置与海洋环境条件(虞研原,1965)使其成为多种经济鱼类(俞存根等,2010)、软体动物(覃涛等,2011)及甲壳动物(王彝豪,1987)等的产卵、索饵或育肥场所。有关浙江近海甲壳动物多样性等方面的研究已有不少报道(俞存根等,2011),但尚无关于岱衢洋海域甲壳动物资源及其多样性研究方面的报道。

本文拟通过对该海域甲壳动物的种类组成、资源及其多样性的季节变化及与温盐关系的研究,为今后相关规划及海洋工程建设中渔业资源保护和生态修复方案的制定等提供基础资料和数据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

数据来源于浙江省海洋水产研究所 2010 年 5 月(春季)、8 月(夏季)、11 月(秋季)与 2011 年 2 月(冬季)对岱衢洋进行的共 4 个航次的底拖网渔业资源与温盐调查资料。调查时间为每航次(大潮汛来临前)3d,

调查站位按岱衢洋的走向共设置 8 个(表 1),其中 S1—S4 位于衢山岛一侧,S5—S8 位于长涂岛一侧,每侧两相邻站位在经度方向上的间隔为 6.42km (3.5')。底拖网各站位分别调查 1 次,平均拖速 5.19km/h,每次拖曳 1h。底拖网网口拉紧周长 25m,囊网网目尺寸 3.0cm。温度与盐度数据用温盐深测定仪(CTD)采集,每航次每站位各 1 次。每航次底拖网样品冰鲜保存后带回实验室进行种类鉴定与体重、体长等常规生物学测定,其中体重用精度为 0.1g 的电子秤称量。

调查船为“普渔 4126 号”,该船长 19m、宽 3.3m,主机功率 58.8kW。

1.2 数据处理方法

显著性检验与相关性分析分别采用 SPSS1.5 方差分析法(ANOVA)和曲线回归分析法(CURVE ESTIMATION);拖网资源密度的估算采用扫海面面积法:

$$\rho_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n C_j / D (1-E) V_j T_j$$

* 海洋公益性行业科研专项经费项目,200905019-4 号,201005013-2 号;国家科技支撑计划项目,2007BAD43B01 号,2007BAD43B02 号;浙江省海洋渔业局项目,浙海渔计(2011)56 号;海洋渔业科学与技术浙江省重中之重学科开放课题,20100214 号。张洪亮,高级工程师,E-mail: hidalgo310@163.com

通讯作者: 徐汉祥,研究员,E-mail: hxxu@vip.sina.com

收稿日期: 2010-12-19, 收修改稿日期: 2011-03-13

表 1 岱衢洋拖网调查站位
Tab.1 Sampling stations for bottom trawl in Daiquyang

站位	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
纬度(N)	30°22'45"	30°22'30"	30°22'15"	30°22'00"	30°19'30"	30°19'00"	30°18'30"	30°18'00"
经度(E)	122°18'30"	122°22'00"	122°25'30"	122°29'00"	122°18'30"	122°22'00"	122°25'30"	122°29'00"

式中, ρ_i 为第 i 月份的平均资源密度(kg/km² 或 10³ ind/km²), n 为第 i 月份的总拖网数(站位数), C_j 为第 i 月份 j 站位的网次产量(kg)或尾数(ind), D 为网口水平扩张宽度(km)[拖速 5.19km/h 时本网具为 5.20×10⁻³ km, 由文献(陈连源等, 1998)在拖速相同的情况下通过网具网口几何相似原理求得], V_j 为第 i 月份 j 站位的平均拖速(km/h), T_j 为第 i 月份 j 站位的作业时间(h), E 为逃逸率[取 0.5(柏育材等, 2011)]。

Pinkas 物种优势度指数(IRI)(Pinkas *et al.*, 1971)的计算式为:

$$IRI = (W_i + P_i) F$$

式中, W_i 为某种渔获物的重量占总渔获重量的百分数(%), P_i 为某种渔获物的尾数占总渔获尾数的百分数(%), F 为某种渔获物在各航次拖网总次数中出现的频率, 即出现次数与总拖网次数之百分比(%)。

Margalef 丰富度指数(D)(Margalef, 1958)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')(Shannon *et al.*, 1963)和 Pielou 均匀度指数(J')(Pielou, 1969)的计算式分别为:

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

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

$$J' = H'/\ln S$$

式中, S 为种类数, N 为总尾数, P_i 为第 i 种占总尾数的比例。

2 结果

2.1 种类组成与季节变化

四季调查共捕获甲壳动物(宋海棠等, 2006; 俞存根等, 2005, 2006, 2011) 21 种(表 2), 它们分别隶属于 2 目(十足目与口足目)14 科 18 属。上述 2 目中, 口足

表 2 拖网所捕获的甲壳动物种类
Tab.2 Catalog of crustacean species caught by bottom trawl

科	种	捕获季节			
		春季	夏季	秋季	冬季
对虾科 Penaeidae	哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>		*		
	细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenella</i>	*		*	
	周氏新对虾 <i>Metapenaeus joyneri</i>	*	*		
长臂虾科 Palaemonidae	安氏白虾 <i>Exopalaemon annandalei</i>	*		*	*
	葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	*	*	*	*
	脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i>	*		*	*
鼓虾科 Alpheidae	日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	*		*	*
	鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i>	*		*	*
管鞭虾科 Solenoceridae	中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i>	*	*	*	
玻璃虾科 Pasiphaeidae	细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i>	*	*	*	
褐虾科 Carinonidae	脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	*			
樱虾科 Sergestidae	中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	*	*		
藻虾科 Hippolytidae	水母虾 <i>Latreutes mucronatus</i>	*			
梭子蟹科 Portunidae	日本蟬 <i>Charybdis japonica</i>	*	*	*	*
	三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	*	*	*	*
	隆线强蟹 <i>Eucrate crenata</i>	*			*
长脚蟹科 Goneplacidae	泥脚隆背蟹 <i>Carcinoplax vestita</i>	*			
	绒毛细足蟹 <i>Raphidopus ciliatus</i>			*	
瓷蟹科 Porcellamidae	绒螯近方蟹 <i>Hemigrapsus penicillatus</i>	*			*
方蟹科 Grapsidae	日本关公蟹 <i>Dorippe japonica</i>		*	*	
关公蟹科 Daninidae	日本关公蟹 <i>Dorippe japonica</i>		*	*	
虾蛄科 Squillidae	口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	*	*	*	*

目仅口虾蛄 1 种, 其余 20 种均为十足目。十足目中, 虾类 13 种, 分别隶属于 8 科 10 属; 蟹类 7 种, 分别隶属于 5 科 7 属。其中, 虾类春季共 12 种, 分别隶属于 8 科 10 属; 夏季共 6 种, 分别隶属于 5 科 6 属; 秋季共 8 种, 分别隶属于 5 科 6 属; 冬季共 5 种, 分别隶属于 2 科 3 属。蟹类春季共 5 种, 分别隶属于 3 科 5 属; 夏季共 3 种, 分别隶属于 2 科 3 属; 秋季共 4 种, 分别隶属于 3 科 4 属; 冬季共 4 种, 分别隶属于 3 科 4 属。

2.2 资源量指数的变化

四季渔获甲壳动物的资源特征指数如图 1 所示。从甲壳类、虾类、蟹类与口虾蛄指数看, 四者的生物量与尾数密度的最大值均出现在秋季。其中, 甲壳类的生物量与尾数密度的最小值都在春季, 其最大值分别是最小值的 7.27 倍与 4.98 倍; 虾类的生物量与尾数密度的季节变化趋势与甲壳类一致, 其秋季最大值分别是春季最小值的 4.09 倍与 4.41 倍; 蟹类的生物量与尾数密度的最小值分别出现在冬季和春季, 其最大值分别是最小值的 15.65 倍与 12.40 倍; 口虾蛄的生物量与尾数密度的最小值均出现在冬季, 其最大值分别是最小值的 143.36 倍与 66.05 倍。另外, 从各季各类群占总资源量的比例看, 其中, 生物量春、夏、秋三季以蟹类为主, 分别占总量的约 47.33%、73.42%与 53.30%, 冬季以虾类为主, 约占总量的 81.08%; 尾数密度春、夏、秋、冬四季均以虾类为主,

分别占总量的约 93.02%、93.88%与 82.44%与 93.85%。

单因素方差分析法检验结果表明: 对于各自间的生物量, 甲壳类秋季与春季差异极显著($P=0.004<0.01$), 秋季与冬季差异显著($P=0.015<0.05$); 虾类秋季与春季差异显著($P=0.046<0.05$); 蟹类秋季与春季、冬季差异均显著($P=0.022, 0.033<0.05$); 虾蛄秋季与春季、冬季差异均极显著($P=0.004, 0.007<0.01$), 秋季与夏季差异显著($P=0.016<0.05$)。对于尾数密度, 甲壳类、虾类、蟹类秋季与春季差异均显著($P=0.021, 0.043, 0.043<0.05$); 虾蛄秋季与春季、夏季、冬季差异均极显著($P=0.003, 0.005, 0.005<0.01$)。

2.3 相对优势种的变化

取拖网各季累计生物量占该季总生物量 95%(丁天明等, 2004)的渔获种类, 计算其相对重要性指数结果如表 3 所示。如定义 $IRI > 1000$ 的渔获种类为优势种, 则由表可知, 春季的优势种为安氏白虾(*Exopalaemon annandalei*)、日本鼓虾(*Alpheus japonicus*)、葛氏长臂虾(*Palaemon gravieri*)、三疣梭子蟹、日本蟳和口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*); 夏季为葛氏长臂虾、中国毛虾、三疣梭子蟹和日本蟳; 秋季为日本鼓虾、葛氏长臂虾、日本蟳和口虾蛄; 冬季为日本鼓虾、葛氏长臂虾和安氏白虾。

2.4 群落多样性的变化

各季岱衢洋甲壳动物群落多样性的分析结果如图 2 所示。由图 2 可看出, 三类多样性指数中, D 值

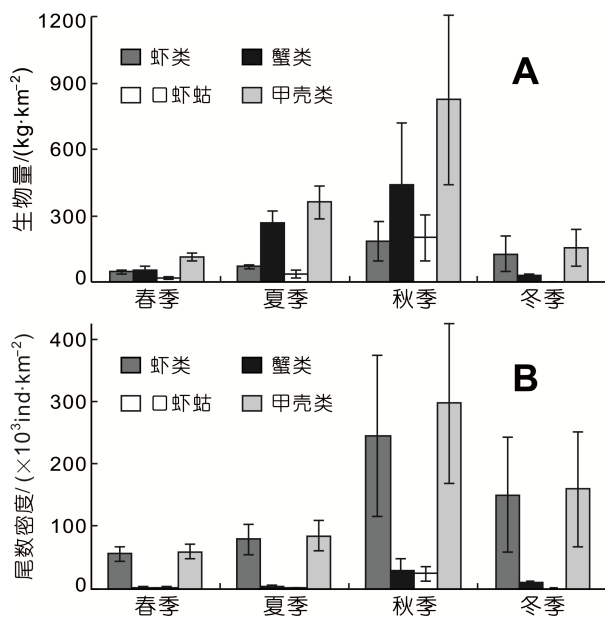


图 1 甲壳动物资源量指数的季节变化

Fig.1 Seasonal variations of the abundance index of crustaceans
A. 生物量; B. 尾数密度

表 3 甲壳动物相对重要性指数的季节变化

Tab.3 Seasonal variations of the IRI of crustaceans

名称	春季	夏季	秋季	冬季
安氏白虾	5791*		496	2067*
葛氏长臂虾	3024*	2545*	3373*	3441*
哈氏仿对虾		542		
脊尾白虾	42		148	229
日本鼓虾	1231*		6102*	11482*
细螯虾	531	443		
中国毛虾	72	3082*		
中华管鞭虾		266	40	
周氏新对虾		65		
日本蟳	3718*	1420*	5777*	741
绒毛细足蟹			77	
三疣梭子蟹	1354*	2489*	364	536
绒螯近方蟹				978
口虾蛄	1220*	598	3182*	111

注: *表示优势种

均值的最大值与最小值分别出现在夏季与冬季,最大值为最小值的 1.21 倍,而春、夏、秋三季都比较接近,其变化范围为 1.103—1.138; H' 值均值的最大值与最小值分别出现在秋季与冬季,最大值为最小值的 1.45 倍,而夏、秋两季相差很小,差值仅为 0.022; J' 值均值的最大值与最小值出现季节与 D 值相同,即也分别出现在夏季与冬季,最大值为最小值的 1.37 倍,而夏、秋两季相差也很小(与 H' 值情况类似),差值仅为 0.005。另外,三类多样性指数均值的最小值均出现在冬季,这表明,该季甲壳动物群落的丰富度、多样性与均匀性都较低。单因素方差分析法显著性检验结果表明,三类多样性指数各自间均不存在季节性显著差异;而双因素方差分析法检验结果表明,如将各季的 D 、 H' 与 J' 值作为一个整体进行比较,则冬季与春季、夏季、秋季之间的多样性均存在显著差异($P < 0.05$),但春季、夏季与秋季两两之间的差异不显著。

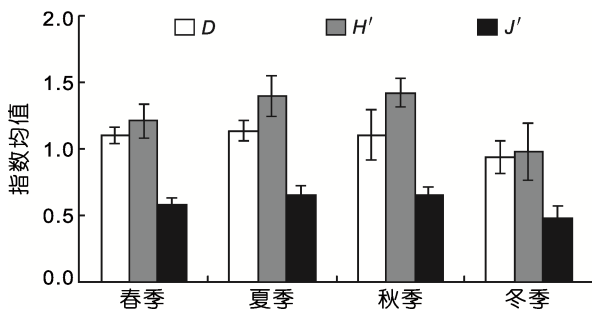


图2 多样性指数均值的季节变化

Fig.2 Seasonal variations of mean values of the diversity indices

3 讨论

3.1 资源量指数与底温、底盐的关系

岱衢洋春、夏、秋、冬四季的平均底温分别为 17.26°C、25.41°C、18.13°C 与 7.12°C, 平均底盐分别为 26.12、25.60、24.85 与 27.52。回归分析结果表明,在各季生物量、尾数密度与平均底温、平均底盐的关系中,生物量与平均底盐的相关性显著($P = 0.038 < 0.05$),其关系可用二次曲线 $y = 192.66x^2 - 10338x + 138743$ 表示,式中, x 为盐度, y 为生物量(kg/km²)。

3.2 优势种、资源量指数与生态类型之间的关系

如按适温、适盐性(俞存根等, 2009; 刘瑞玉, 1963)对岱衢洋四季所有 21 种甲壳动物进行分类,则广温广盐种有 14 种,广温低盐种有 5 种,高温高盐与高温广盐种各 1 种,广温广盐种占总种类数的 70.00%,另

外,7 种优势种中除安氏白虾为广温低盐种外,其余 6 种均为广温广盐种。在资源量指数方面,广温广盐种分别占四季总生物量与总尾数密度的 94.84% 与 84.96%,而分季节中广温广盐种也分别占各季总生物量与总尾数密度的 82.23% 与 65.73% 以上(图 3)。因此,广温广盐种在岱衢洋海域四季均占主导地位。

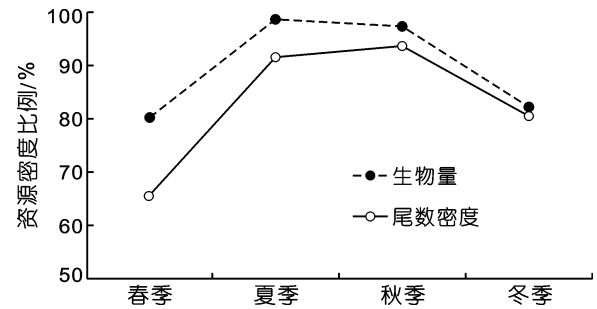


图3 广温广盐种资源密度占总资源密度比例的季节变化

Fig.3 Seasonal variations of the abundance density percentage of eurythermal and euryhaline species compared with all the species

3.3 优势种的适温、适盐性比较

由表 3 可知,葛氏长臂虾四季均为优势种;日本螯为春、夏、秋三季优势种;日本鼓虾为春、秋、冬三季优势种;安氏白虾为春、冬两季优势种;口虾蛄为春、秋两季优势种;三疣梭子蟹为春、夏两季优势种;中国毛虾为夏季的优势种。虽然除安氏白虾外的其余 6 种优势种均为广温广盐种,但根据四季平均底温、底盐的变化范围(春、夏、秋、冬分别为 16.9—17.6°C、24.1—26.5°C、17.9—18.7°C、6.7—7.5°C 与 24.2—28.0、24.1—27.8、22.0—28.3、26.2—28.6),其适温、适盐性仍有所不同,其中,以葛氏长臂虾的适温、适盐域值为最宽,而以中国毛虾的适温、适盐域值最窄。

3.4 多样性指数与底温的关系

东海甲壳动物丰富度指数(D)与多样性指数(H')的季节和区域变化,主要受群落各物种对环境变化响应的影响,特别是对水温因子响应的影响(程济生, 2005; 俞存根等, 2005)。岱衢洋海域的底温由于夏、秋两季高,冬、春两季低,因此,其甲壳动物的 D 值与 H' 值也均随之相应地呈夏、秋两季高,冬、春两季低的特点,这与东、黄海禁渔线以外海域底栖性甲壳动物冬、春两季高于夏、秋两季的结果(李惠玉等, 2009)可相互印证,其原因是岱衢洋为近岸海域,冬、春两季由于其底层水温较低,甲壳动物多数种类分布在水温相对较高的外侧海区(李惠玉等, 2009),这

在 D 值与 H' 值的变化上表现为近岸海域低、外侧海域高的特点; 反之, 夏、秋两季近岸水域底层水温较高, 多数种类主要分布在水温相对较高的近岸海域(李惠玉等, 2009), 从而在 D 值与 H' 值的变化上表现为近岸海域高、外侧海域低的特点。

参 考 文 献

- 丁天明, 宋海棠, 2004. 东海大陆架海域蟹类资源量的评估. 水产学报, 28(1): 41—46
- 王彝豪, 1987. 舟山沿海经济虾类及其区系特点. 海洋与湖沼, 18(1): 48—54
- 刘瑞玉, 1963. 东、黄海虾类动物地理学研究. 海洋与湖沼, 5(3): 230—241
- 李惠玉, 凌建忠, 李圣法, 2009. 黄、东海底栖性甲壳动物种类组成的季节变化. 渔业科学进展, 30(3): 13—19
- 宋海棠, 俞存根, 薛利建等, 2006. 东海经济虾蟹类. 北京: 海洋出版社, 1—145
- 陈连源, 陈志海, 王兴国, 1998. 294kW 渔轮单拖网作业特性的研究. 中国水产捕捞学术研讨会论文集(二). 苏州: 苏州大学出版社, 55—99
- 柏育材, 徐兆礼, 2011. 舟山渔场衢山岛海域春夏季十足目和口足目的分布特征. 上海海洋大学学报, 20(1): 96—101
- 俞存根, 宋海棠, 姚光展, 2005. 东海蟹类群落结构特征的研究. 海洋与湖沼, 36(3): 213—220
- 俞存根, 宋海棠, 姚光展等, 2006. 东海大陆架海域经济蟹类种类组成与数量分布. 海洋与湖沼, 37(1): 53—59
- 俞存根, 陈小庆, 宋海棠, 2009. 春季东海海域虾类群落结构及其多样性. 生态学报, 29(7): 3593—3604
- 俞存根, 陈全震, 陈小庆等, 2010. 舟山渔场及邻近海域鱼类种类组成和数量分布. 海洋与湖沼, 41(3): 410—417
- 俞存根, 陈全震, 陈小庆等, 2011. 舟山渔场及邻近海域虾蛄类的种类组成和数量分布. 大连海洋大学学报, 26(2): 153—157
- 覃 涛, 俞存根, 陈全震, 2011. 舟山渔场及邻近海域头足类(Cephalopod)种类组成和数量分布. 海洋与湖沼, 42(1): 124—130
- 程济生, 2005. 黄海无脊椎动物资源结构及多样性. 中国水产科学, 12(1): 68—75
- Margalef R, 1958. Information theory in ecology. Gen Syst, 3(1): 36—71
- Pielou E C, 1969. An Introduction to Mathematical Ecology. New York: Wiley-Interscience, 286
- Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K, 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. California Department of Fish and Game, Fish Bull, 152: 1—105
- Shannon C E, Weaver W, 1963. The Mathematical Theory of Communication. Urbana, IL: University of Illinois Press, 125

SEASONAL VARIATIONS OF DIVERSITY OF CRUSTACEANS CAUGHT BY BOTTOM TRAWL IN DAIQUYANG

ZHANG Hong-Liang, PAN Guo-Liang, WANG Wei-Ding, ZHOU Yong-Dong, XU Han-Xiang
(Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province; Key Research Station for Fisheries Resources of Main Fishing Ground, Ministry of Agriculture, Zhoushan, 316100)

Abstract Based on the data of bottom trawl surveys in Daiquyang during spring (May), summer (August), autumn (November) 2009, and winter (February) 2010, the species diversity of crustaceans was analyzed. The results indicated that a total of 21 crustacean species belonging to 18 genera, 14 families and 2 orders were obtained including 13 species of shrimps, 7 species of crabs and 1 species of squills. *Palaemon gravieri* was the dominant species in all seasons. Both the biomass and abundance density of crustaceans reached the maximum in autumn, but decreased to the minimum in spring, and the difference in the biomass and number abundance density was significant ($P < 0.05$). By correlation test results, the biomass shown significant quadratic related with average bottom sea salinity ($P < 0.05$). The eurythermal and euryhaline species in the species number, biomass and abundance density all occupied the dominant position, and all dominant species were eurythermal and euryhaline species in the investigated waters. The Margalef richness index (D), Shannon-Wiener diversity index (H') and Pielou evenness index (J') in winter was lowest among all the seasons, which shown that the richness, diversity and evenness of crustaceans in winter were all lower. Meanwhile the Margalef richness index (D) and Shannon-Wiener diversity index (H') in summer and autumn were higher than those in winter and spring in Daiquyang, however, which was contrary in the offshore deep waters, the opposite phenomenon between Daiquyang and offshore deep waters was mainly due to its response to the seasonal variations of bottom sea water temperature.

Key words Daiquyang, Crustaceans, IRI, Diversity, Dominant species