

doi:10.3969/j.issn.1001-1994.2013.04.005

杭州湾北部张网渔业资源种类组成及群落多样性初步分析

王森 张丹 张玉平 孙振中

(上海市水产研究所、上海市水产技术推广站,上海 200433)

摘要:为研究杭州湾北部渔业资源的种类组成及群落多样性,对2009年5月~2011年11月张网作业渔获物的调查数据进行了分析。结果表明:该海域渔业资源群落优势种为鲚属鱼类和中国毛虾,二者生物量相对丰度之和从2009年的61.06%提高到2011年的82.98%,这两种资源构成了当地的主要捕捞品种;从渔业资源单位捕捞努力量渔获量(CPUE)的年际变化看,2009年CPUE仅为4.53 kg·网⁻¹,2011年提高到7.68 kg·网⁻¹,增幅达69.5%,说明杭州湾北部渔业资源密度有一定程度的提升;渔业资源群落多样性指数变化范围为1.37~1.52,均匀度指数变化范围为0.46~0.51,丰富度指数变化范围为0.58~0.63,变化幅度均较小。群落特征值季节变化中,多样性指数和均匀度指数秋季最高,夏季次之,春季最低;丰富度指数夏季最高,春季次之,秋季最低。主要经济渔获物鲚属鱼类和白虾属虾类的CPUE在逐年提高,说明这两种渔获物的资源密度在逐年提高。严格控制捕捞强度,减少人为因素对渔业资源的破坏,对提高整个海区渔业资源群落的稳定性发挥了积极效用。

关键词:杭州湾北部;渔业资源;群落多样性;优势种;单位捕捞努力量渔获量(CPUE)

杭州湾位于浙江省东北部,是钱塘江入海后形成的喇叭形海湾,其北侧毗连长江口,南侧与舟山群岛相连,湾口外侧为舟山渔场,是银鲳、凤鲚、鳗苗等鱼类重要的索饵洄游场所。杭州湾北部海域西起浙江海盐县,东至上海南汇嘴,海域面积较大,常年有张网渔船在此作业,渔业资源丰富,具备良好的海洋渔业资源开发利用条件。

近年来,随着近海渔业资源枯竭及涉水工程的建设,鱼类的产卵场遭到破坏,洄游路线被阻隔,留给鱼类生长繁殖的空间越来越狭小。有研究表明,大型涉水工程会对该海域水生生物的群落组成及多样性产生较大影响^[1~8]。目前,有关杭州湾海域的研究主要集中于流场数值模拟、环

境因子及水体理化因子的变化等^[9~14],而关于渔业资源生态群落方面的研究却十分少见。因此,有必要对杭州湾北部海域渔业资源的群落组成及多样性开展研究,以期为杭州湾北部渔业资源可持续利用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 采样渔船和网具

定置张网是一种固定于水下的被动型网具,主要捕捞近底层及中下层鱼类。根据杭州湾北部渔业捕捞的现状及海况特点,选用当地60 HP深水张网渔船进行数据采集与调查工作。网具规格见表1。

收稿日期:2013-04-08

作者简介:王森(1983—),男,助理工程师,研究方向:渔业资源与环境。

表1 张网主要规格参数

作业类型	网衣总长/m	网口扩张高度/m	网口扩张长度/m	网口周长/m	单船网具携带数量	最小网目/mm	其他网目/mm
深水张网	22	3.4	13.6	34	30	13	13~100

1.2 采样区域及调查方法

由于杭州湾北部海域面积较大,鱼类的数量及时空分布较广,因此将采样区域设置在杭州湾中北部典型区域($30^{\circ}30' \sim 30^{\circ}40'N, 121^{\circ}20' \sim 121^{\circ}30'E$)。该区域既能捕获近岸河口型鱼类,又能捕获海洋洄游性鱼类,代表性较强(见图1)。

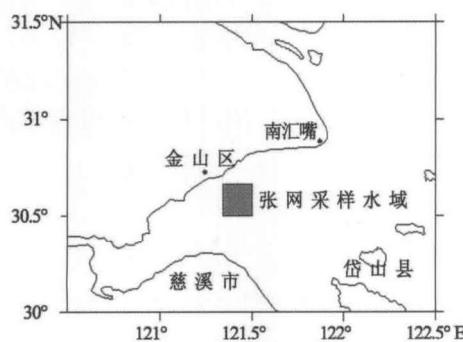


图1 杭州湾北部张网调查区域

调查工作主要由当地的张网渔船“沪金渔7259”配合完成。作业时间为每年4~11月,每天根据渔捞情况填写渔捞记录,主要包括作业时间、地点,日产量,投网数,渔获物种类及产量等。

1.3 数据处理方法

1.3.1 主要渔获物种类组成

根据船老大的渔捞日志确定种类,调研人员定期上船抽取渔获物进行取样确认。样品的分

离、鉴定和分析按照《海洋调查规范》进行操作。

1.3.2 群落多样性指数^[15]

Shannon-wiener 多样性指数:

$$H' = - \sum (w_i/W) \log_2 (w_i/W) \quad (1)$$

Pielous 均匀度指数:

$$J' = H'/\log_2(s) \quad (2)$$

Margalef 丰富度指数:

$$d = (s-1)/\log_2(W) \quad (3)$$

其中,s为种类数, w_i 和W分别为第i种生物的质量和总质量(kg)。

1.3.3 优势种

采用物种相对丰度(Relative Abundance, R_A)确定优势种^[16],将生物量相对丰度 [$R_{A(B)}$] ≥ 10%确定为优势种,其计算公式为:

$$R_{A(B)} = w_i/W \times 100 \% \quad (4)$$

其中 w_i 、W意义如前所述。

2 结果和分析

2.1 捕捞概况

通过船老大填写的渔捞记录表,对每年的渔捞情况进行统计(见表2)。3年期间共采集有效数据607 d,总下网数达23 976网,总渔获量152 448.5 kg。

表2 2009~2011年张网渔捞概况

	作业天数/d			投网数/网			渔获量/kg		
	2009年	2010年	2011年	2009年	2010年	2011年	2009年	2010年	2011年
4月		25	21		600	455		676	528
5月	21	30	30	1176	1290	1260	9231.5	14844	12065.5
6月	27	30	28	1169	1450	1300	9608	15271.5	24429.5
7月	31	30	29	1566	1075	1105	5368.5	6028	8147
8月	24	31	27	720	1070	965	3514	5826	4984.5
9月	15	27	26	575	995	1040	1810	6964.5	3002.5
10月	30	31	24	1300	1105	810	3193.5	5825	2616.5
11月	26	27	17	1330	1025	595	2794	3644.5	2076
总计	174	231	202	7836	8610	7530	35519.5	59079.5	57849.5

2.2 渔业资源的种类组成及优势种

杭州湾北部张网渔业资源的种类组成主要有:鲚属鱼类(以凤鲚为主)、龙头鱼、中国毛虾、白虾属虾类(脊尾白虾和安氏白虾)、海蜇等。其中,鲚属鱼类的资源量所占比例连续3年位居第一,其次为中国毛虾,说明鲚属鱼类和中国毛虾是当地主要捕捞品种;龙头鱼所占比例近年来波动较大,2010年增幅达到136%,而2011年降幅也达到76.56%;白虾属虾类所占比例连续2年下降,平均降幅达到7.13%,但其资源量所占比例一直稳定在3%~4%,没有出现较大波动;另外,2011年海蜇所占比例达到3.18%,但仍远低于2009年水平(见表3)。

本调查将生物量相对丰度[$R_{a(b)}$]≥10%确定为优势种,2009年杭州湾北部张网渔业的优势种为鲚属鱼类、中国毛虾和海蜇;2010年为鲚属鱼类、龙头鱼和中国毛虾;2011年为鲚属鱼类和中国毛虾。

表3 2009~2011年杭州湾北部渔业资源种类组成及生物量相对丰度

种类	生物量相对丰度/%		
	2009年	2010年	2011年
鲚属鱼类 <i>Coilia</i>	35.05	47.09	63.80
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	26.01	31.31	19.18
龙头鱼 <i>Bombay duck</i>	5.15	12.16	2.85
白虾属虾类 <i>Exopalamons</i>	3.74	3.23	3.21
蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	0.79	0.23	0.34
花鮰 <i>Lateolabrax japonicus</i>	0.71	0.15	0.30
鮆鱼 <i>Micichthys miiuy</i>	0.34	0.19	0.04
大银鱼 <i>Prolosalanx holocranus</i>	0.00	0.00	0.26
银鲳 <i>Pampus argenteus</i>	0.01	0.00	0.01
日本对虾 <i>Penaeus japonicus</i> Bate	0.00	1.05	0.00
海蜇 <i>Rhopilema esculentum</i>	24.44	0.10	3.18
其它	3.76	4.49	6.84

2.3 产量及单位捕捞努力量渔获量(CPUE)的年际变化

根据“沪金渔7259”的总投网数和总产量,计算出每年单船张网渔业的CPUE。其中2009年CPUE仅为4.53 kg·网⁻¹,2010年上升到6.86 kg·网⁻¹,而2011年更是达到7.68 kg·网⁻¹,增幅达69.5%。另外,2011年总产量达到57 849.5 kg,比2009年增加了22 330 kg,增幅达到62.87%(见图2)。说明近年来杭州湾北部海域渔业资源的密度有一定程度的上升。

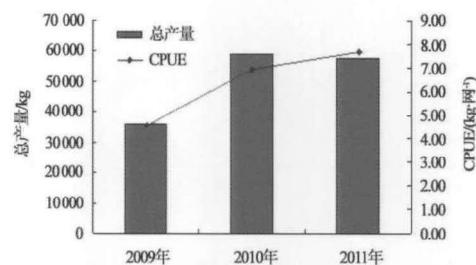


图2 单船张网产量及CPUE年际变化

2.4 主要经济种类单位捕捞努力量渔获量变化

鲚属鱼类主要在每年4~7月进行产卵洄游,因此,在此时间段该种类的资源量也比较多,CPUE已经从2009年的3.52 kg·网⁻¹提高到2011年的7.33 kg·网⁻¹。鲚属鱼类资源近3年各月CPUE变化见图3。从趋势线可以看出,近年来鲚属鱼类的CPUE逐年提高,说明其资源密度有一定程度的上升。

白虾属虾类资源全年捕捞作业期(4~11月)都有出现,CPUE从2009年的0.19 kg·网⁻¹提高到2011年的0.23 kg·网⁻¹。CPUE按季节从大到小的顺序为:秋季>夏季>春季,说明白虾属虾类资源密度秋季较高,春季最低。白虾属虾类资源近3年各月CPUE变化见图4。从趋势线可以看出,近年来杭州湾地区白虾属虾类的资源密度也有一定程度上升。

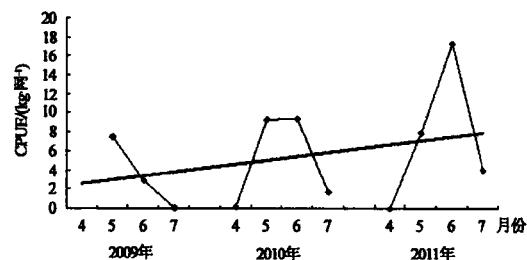


图3 2009~2011年鲚属鱼类资源CPUE的年际变化



图4 2009~2011年白虾属虾类资源CPUE的年际变化

2.5 群落多样性分析

表4 杭州湾北部张网渔业资源群落特征值

特征值	年份	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	年均值±标准差
多样性指数 (H')	2009		0.38	1.34	1.68	1.18	1.79	1.87	1.39	1.37 ± 0.51
	2010	1.91	0.85	0.66	1.54	1.28	1.56	1.74	1.87	1.43 ± 0.45
	2011	1.66	0.92	0.55	1.81	1.81	2.14	1.67	1.62	1.52 ± 0.56
丰富度指数 (d)	2009		0.76	0.68	0.73	0.59	0.46	0.69	0.52	0.63 ± 0.11
	2010	0.53	0.51	0.58	0.80	0.56	0.47	0.48	0.59	0.56 ± 0.11
	2011	0.55	0.44	0.55	0.69	0.57	0.69	0.62	0.54	0.58 ± 0.09
均匀度指数 (J')	2009		0.11	0.40	0.50	0.39	0.69	0.59	0.50	0.46 ± 0.18
	2010	0.74	0.28	0.21	0.45	0.43	0.56	0.62	0.62	0.49 ± 0.16
	2011	0.64	0.33	0.17	0.54	0.60	0.68	0.56	0.58	0.51 ± 0.18

近年来,多样性指数和均匀度指数最高均出现在2011年,分别为1.52和0.51,且多样性指数和均匀度指数均呈现逐年增高的趋势,说明杭州湾北部海域鱼类群落结构的稳定性正逐年增强。

3 讨论

3.1 单位捕捞努力量渔获量(CPUE)月度及季节变化分析

研究表明,特定海区不同季节渔获物的组成及优势种均有较大差别^[17~22],不同季节海水理化环境因子也有很大变化,因此有必要对不同季节的CPUE进行对比分析,找出其季节变化规律。每年4~7月,杭州湾均有大量凤鲚进行产卵洄游,构成了杭州湾北部张网作业渔获物的主要组成部分,2011年鲚属鱼类在渔获物中所占的比例更是高达63.8%。从单月来看,2011年6月份鲚属鱼类的CPUE达到最高值18.79 kg·网⁻¹,占该月总CPUE的92.23%,因此认为,鲚属鱼类CPUE提高对于月度CPUE增高有很大作用。2009~2011年杭州湾海域单船张网渔业CPUE的月度变化见图5,其各季度的CPUE值分别为:春季(4~5月)6.51 ± 1.25 kg·网⁻¹;夏季(6~8月)7.72 ± 2.51 kg·网⁻¹;秋季(9~11月)3.77 ± 1.53 kg·网⁻¹。由此可得出,CPUE按季节由高到低的顺序为:夏季>春季>秋季。杭州湾北部海域渔业资源平均密度为夏季较高,秋季较低,这可能与5、6月份大量凤鲚进入杭州湾产卵有关。另外,6月份开始的禁渔期也间接提高了鱼类的成活率,使得CPUE在夏季较高。

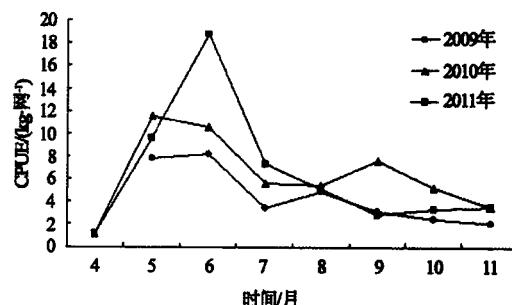


图5 杭州湾北部张网渔业CPUE的月度变化

3.2 群落稳定性与特征值变化的关系

从杭州湾北部海域渔业资源群落特征值的结果看,多样性指数呈上升趋势,而丰富度指数和均匀度指数均波动不大。这说明近年来杭州湾北部渔业资源群落结构较为稳定,但同时,该海域优势种生物量的相对丰度也在逐年增大,这说明该海域渔业资源群落结构有单一化的危险,因此不能盲目从群落特征值的变化判断海域渔业资源群落稳定性的高低,而是应该结合优势种的生物量相对丰度和CPUE予以综合考虑。

Shannon-wiener指数反映出群落种类的多样性,即通过群落中生物种类的多少表征群落的复杂程度,H'值越大,群落所含的信息量越大,复杂程度越高。因此,某海域多样性指数越高,表示该海域中群落结构越复杂,生物多样性越高。根据各季节群落特征值的变化可知,群落多样性指数由高到低顺序为:秋季>夏季>春季,说明随着季节的推移,杭州湾北部海域的鱼类群落趋于稳定,多样性增高。

Margalef 丰富度指数反映某区域特定群落中物种的丰富程度,即一个群落或环境中物种数目的多少,生物密度的大小。杭州湾北部渔业资源群落的丰富度指数由高到低的顺序为:夏季>春季>秋季,即夏季鱼类个体数较多,而秋季较少,这与之前 CPUE 的季节变化一致,同样说明该海域夏季渔业资源平均密度较高,秋季较低。这种变化也从另一角度证明了禁渔期的实施发挥了保护渔业资源的作用。

Pielou 均匀度指数反映群落的均匀度,用来估计该群落不同物种分布的均匀程度。群落的季节特征值显示,均匀度指数秋季最高,夏季次之,春季最低,这与多样性指数的变化一致。徐兆礼等^[15]和金显仕等^[22]分别在福建的兴化湾和山东的莱州湾进行过鱼类及渔业资源群落多样性的研究,结果表明,群落多样性指数的变化与均匀度指数变化相一致,这也证明了群落的稳定性与物种分布的均匀度有正相关关系。

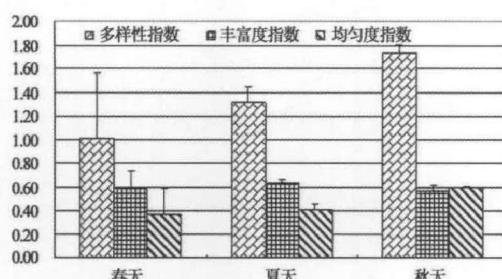


图 6 杭州湾北部渔业资源群落特征值季节变化

3.3 杭州湾北部海域鱼类群落特征值与浮游动、植物的关系

杭州湾浮游植物调查的数据显示,浮游植物在丰水期(8月)细胞数量最高,枯水期(3月)次之,而平水期(5月)较低^[23],这与本次调查的渔业资源群落丰富度指数的变化一致,说明浮游植物的数量变化会对整个鱼类群落的丰富度产生影响。在夏季,浮游植物为一些幼鱼的生长发育提供饵料,提高了幼鱼成活率,从而使得整个海域的物种丰富度提高。杭州湾浮游动物调查显示,浮游动物密度在丰水期(8月)要大于枯水期(4月),说明夏季浮游动物的密度要高于春季和秋季^[24],这也与浮游植物及该海域渔业资源群落的丰富度指数的变化一致,从而再次说明浮游动、植物的密度增高,海域渔业资源群落的个体数目也

会相应提高。本次调查只是单纯地进行了渔业资源调查,而没有对该海域环境因子及浮游动植物进行同步采样和测定。

3.4 杭州湾北部海域渔业资源合理利用的探讨

目前,上海市金山区、奉贤区渔业捕捞的作业方式仅有定置张网,2011年登记在册的张网渔船数量较少,共64条,因此杭州湾北部海域鱼类受捕捞活动的影响有限,群落较为稳定。今后应继续严格执行张网渔船的捕捞许可证制度,使张网渔船的数量在可控范围之内,减小捕捞行为对海域生物群落的影响。此外,还应该严格执行伏季休渔制度。上海市张网渔船的休渔期是6月1日~8月15日,从本次调查结果看,6、7月份无论是CPUE还是群落丰富度指数都较高,可见执行合理的伏休期对于提高幼鱼成活率、改善鱼类生存环境具有良好的效果。此外,还应定期对沿岸渔民进行宣传教育,培养渔民合理、合法捕捞的意识,使渔业资源持续、健康、有效地发展。

参考文献

- [1] 罗民波,陆健健,沈新强,等.大型海洋工程对洋山岛周围海域大型底栖动物生态分布的影响[J].农业环境科学学报,2007,26(1):97~102.
- [2] 王宝强,薛俊增,庄骅,等.洋山港潮间带大型底栖动物群落结构及多样性[J].生态学报,2011,31(20):5865~5874.
- [3] 唐峰华,沈新强,史赞荣,等.洋山工程海域虾蟹类资源的初步分析[J].上海海洋大学学报,2010,19(3):372~377.
- [4] 李美玲,黄硕琳.大型水工建筑对长江渔业资源影响及对策浅析[J].上海海洋大学学报,2009,18(6):759~764.
- [5] 徐兆礼,陈华.海洋工程环境评价中渔业资源价值损失的估算方法[J].中国水产科学,2008,15(6):970~975.
- [6] 陈会东,金辉虎.航道整治工程对河流生态环境的影响分析[J].现代农业科技,2010(7):281~282.
- [7] 马彪.航电枢纽工程建设对水生生物及渔业资源的影响[J].黑龙江环境通报,2011,35(2):23~25.
- [8] 高文斌,刘修泽,段有洋,等.围填海工程对辽宁省近海渔业资源的影响及对策[J].大连水产学院学报,2009,24(suppl.1):163~166.
- [9] 黄爽,石晓勇,张传松,等.2010年春季杭州湾邻近海域尿素含量及平面分布[J].海洋环境科学,2012,31(1):58~61.
- [10] 张健,施青松,邬翱宇,等.杭州湾丰水期主要污染因子的分布变化及成因[J].东海海洋,2002,20(4):35~41.
- [11] 高生泉,陈建芳,金海燕,等.杭州湾及邻近水域营养盐的时空分布与富营养化特征[J].海洋学研究,2011,29(3):36~47.

(下转第198页)

- [7] HUANG X Q, KONG J, ZHANG T S, et al. Studies on anesthetic effect of eugenol on juvenile *fenneronenaeus chinensis* [J]. Agricultural Science&Technology, 2008, 9(3): 115–118.
- [8] 庄平, 徐滨, 章龙珍, 等. MS-222 和丁香酚对中华鲟幼鱼耗氧率与排氨率的影响 [J]. 中国水产科学, 2009, 16(4): 612–617.
- [9] 殷梧, 邹苏琪, 王光辉, 等. 模式动物斑马鱼在神经系统疾病研究中的应用 [J]. 生命科学, 2008, 20(5): 774–778.
- [10] 全珊珊, 吴新荣. 斑马鱼, 人类疾病研究的理想模式动物 [J]. 生命的化学, 2008, 28(3): 260–263.
- [11] 江晓曦, 郑文岭, 崔东, 等. 斑马鱼——一种理想的分子生物学研究的脊椎动物模型 [J]. 中国比较医学杂志, 2004, 14(2): 74–76.
- [12] 刘在平, 张松林. 斑马鱼在环境保护中的应用 [J]. 中国环境监测, 2011, 27(4): 19–22.
- [13] 朱琳, 史淑洁. 斑马鱼的胚胎发育技术在毒性评价中的应用 [J]. 应用生态学报, 2002, (2): 252–254.
- [14] ENSEN BACH U, NAGEL R. Toxicity of complex chemical mixtures: Acute and long-term effects on different life stages zebrafish (*Brachydanio rerio*) [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 1995, 30(2): 151–157.
- [15] 梁政远, 安丽娜, 缪凌鸿, 等. 丁香油对鲤鱼和罗非鱼的麻醉作用 [J]. 水产学杂志, 2009, 22(1): 42–46.
- [16] MARKING L L, MEYER F P. Are better anesthetics needed in fisheries? [J]. Fisheries, 1985, 10(6): 2–5.
- [17] 匡刚桥, 李萍, 郑蜀明, 等. 丁香酚对斑点叉尾鮰幼鱼的麻醉效果 [J]. 四川动物, 2010, 29(5): 584–587.
- [18] 赵艳丽, 杨先乐, 黄艳平, 等. 丁香酚对大黄鱼麻醉效果的研究 [J]. 水产科技情报, 2002, 29(4): 163–165.
- [19] 徐开达, 梁君, 虞宝存, 等. 丁香酚对日本黄姑鱼麻醉效果的研究 [J]. 水产科技情报, 2012, 39(5): 234–237.
- [20] 黄洪贵, 黄柳婷, 胡振禧, 等. 丁香酚对倒刺鲃幼鱼麻醉效果的研究 [J]. 水产科技情报, 2009, 36(4): 157–160.
- [21] VELISEK J, SVOBODOVA Z, PIACKOVA V, et al. Effects of clove oil anaesthesia on common carp (*Cyprinus carpio L.*) [J]. Vet Med – Czech, 2005, 50(6): 269–275.
- [22] DOLEZLOVA P, MACOVA S, PLHALOVA L, et al. The acute toxicity of clove oil to fish *Danio rerio* and *Poecilia reticulata* [J]. Acta Vet Brno, 2011, 80: 305–308.
- [23] GRUSH J, NOAKES D L G, MOCCIA R D. The efficacy of clove oil as an anesthetic for the zebrafish, *Danio rerio* (Hamilton) [J]. Zebrafish, 2004, 1(1): 46–53.
- [24] SNEDDON L U. The evidence for pain in fish: the use of morphine as an analgesic [J]. Applied Animal Behavior Science, 2003, 83(2): 153–162.
- [25] CHANDROO K P, DUNCAN I J H, MOCCIA R D. Can fish suffer?: perspectives on sentience, pain, fear and stress [J]. Applied Animal Behavior Science, 2004, 86: 225–250.
- [26] ROSS L G, ROSS B. Anesthetic and sedative techniques for aquatic animals [M]. 2th ed. London: Blackwell, 1999.
- [27] GUNNETTE S A, UHLAND F C, HELIE P, et al. Pharmacokinetics of eugenol in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Aquaculture, 2007, 266(1–4): 262–265.
- [28] LAEKEMAN S M, HOOF V L, HAEMERS A, et al. Eugenol a valuable compound for *in vitro* experimental research and worthwhile for further *in vivo* investigation [J]. Phytotherapy Research, 1990, 4(3): 90–96.
- [29] REDDY A C, LOKESH B R. Studies on anti-inflammatory activity of spice principles and dietary n-3 polyunsaturated fatty acids on carrageenan-induced inflammation in rats [J]. Ann Nutr Metab, 1994, 38(6): 349–358.
- [30] WIE M B, WON M H, LEE K H, et al. Eugenol protects neuronal cells from excitotoxic and oxidative injury in primary cortical cultures [J]. Neurosci Lett, 1997, 225(2): 93–96.

(上接第 192 页)

- [12] 王晓波, 魏永杰, 秦铭俐, 等. 杭州湾生态监控区浮游动物多样性变化趋势研究 [J]. 海洋环境科学, 2008, 27(suppl. 1): 67–71.
- [13] 谢锐, 吴德安, 严以新, 等. EFDC 模型在长江口及相邻海域三维水流模拟中的开发应用 [J]. 水动力学研究与进展, 2010, 25(2): 165–174.
- [14] 孙维萍, 于培松, 潘建明. 灰色聚类法评价长江口、杭州湾海域表层海水中的重金属污染程度 [J]. 海洋学报, 2009, 31(1): 79–84.
- [15] 徐兆礼, 沈盈绿. 兴化湾海域鱼类多样性的时空变化 [J]. 中国水产科学, 2011, 18(2): 416–426.
- [16] 杨富亿, 吕宪国, 娄彦景, 等. 松嫩平原湖泊鱼类群聚结构 [J]. 湖泊科学, 2010, 22(6): 842–851.
- [17] 安传光, 赵云龙, 林凌. 长江口九段沙潮间带大型底栖动物季节分布特征的初步研究 [J]. 水产学报, 2007, 31(suppl. 1): 52–58.
- [18] 沈新强, 史赞荣, 晁敏等. 夏、秋季长江口鱼类群落结构 [J]. 水产学报, 2011, 35(5): 700–710.
- [19] 王迪, 林昭进. 珠江口鱼类群落结构的时空变化 [J]. 南方水产, 2006, 2(4): 37–45.
- [20] 张衡, 朱国平. 长江河口潮间带鱼类群落的时空变化 [J]. 应用生态学报, 2009, 20(10): 2519–2526.
- [21] 李建生, 李圣法, 丁峰元, 等. 长江口近海鱼类多样性的年际变化 [J]. 中国水产科学, 2007, 14(4): 637–643.
- [22] 金显仕, 邓景耀. 莱州湾渔业资源群落结构和生物多样性的变化 [J]. 生物多样性, 2000, 8(1): 65–72.
- [23] 蔡燕红. 杭州湾浮游植物生物多样性研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.
- [24] 黄备, 吴健平, 唐静亮, 等. 杭州湾浮游动物群落与水团的相关性研究 [J]. 海洋学报, 2010, 32(1): 170–175.