

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

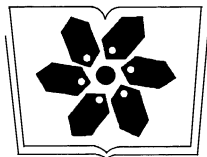
Acta Ecologica Sinica



第34卷 第2期 Vol.34 No.2 **2014**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 2 期 2014 年 1 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 连续免耕对不同质地稻田土壤理化性质的影响 龚冬琴, 吕 军 (239)
- 下辽河平原景观格局脆弱性及空间关联格局 孙才志, 闫晓露, 钟敬秋 (247)
- 完全水淹环境中光照和溶氧对喜旱莲子草表型可塑性的影响 许建平, 张小萍, 曾 波, 等 (258)
- 赤潮过程中“藻-菌”关系研究进展 周 进, 陈国福, 朱小山, 等 (269)
- 盐湖微微型浮游植物多样性研究进展 王家利, 王 芳 (282)
- 臭氧胁迫对植物主要生理功能的影响 列淦文, 叶龙华, 薛 立 (294)
- 啮齿动物分子系统地理学研究进展 刘 铸, 徐艳春, 戎 可, 等 (307)
- 生态系统服务制图研究进展 张立伟, 傅伯杰 (316)

个体与基础生态

- NaCl 胁迫下沙枣幼苗生长和阳离子吸收、运输与分配特性 刘正祥, 张华新, 杨秀艳, 等 (326)
- 不同生境吉首蒲儿根叶片形态和叶绿素荧光特征的比较 向 芬, 周 强, 田向荣, 等 (337)
- 小麦 LAI-2000 观测值对辐亮度变化的响应 王 龔, 田庆久, 孙绍杰, 等 (345)
- K^+ 、 Cr^{6+} 对网纹藤壶幼虫发育和存活的影响 胡煜峰, 严 涛, 曹文浩, 等 (353)
- 马铃薯甲虫成虫田间扩散规律 李 超, 彭 赫, 程登发, 等 (359)

种群、群落和生态系统

- 莱州湾及黄河口水域鱼类群落结构的季节变化 孙鹏飞, 单秀娟, 吴 强, 等 (367)
- 黄海中南部不同断面鱼类群落结构及其多样性 单秀娟, 陈云龙, 戴芳群, 等 (377)
- 苏南地区湖泊群的富营养化状态比较及指标阈值判定分析 陈小华, 李小平, 王菲菲, 等 (390)
- 盐城淤泥质潮滩湿地潮沟发育及其对米草扩张的影响 侯明行, 刘红玉, 张华兵 (400)
- 江苏省农作物最大光能利用率时空特征及影响因子 康婷婷, 高 苹, 居为民, 等 (410)
- 1961—2010 年潜在干旱对我国夏玉米产量影响的模拟分析 曹 阳, 杨 婕, 熊 伟, 等 (421)
- 黑龙江省 20 世纪森林变化及对氧气释放量的影响 张丽娟, 姜春艳, 马 骏, 等 (430)
- 松嫩草原不同演替阶段大型土壤动物功能类群特征 李晓强, 殷秀琴, 孙立娜 (442)
- 小兴安岭 6 种森林类型土壤微生物量的季节变化特征 刘 纯, 刘延坤, 金光泽 (451)

景观、区域和全球生态

- 黄淮海地区干旱变化特征及其对气候变化的响应 徐建文, 居 辉, 刘 勤, 等 (460)

我国西南地区风速变化及其影响因素 张志斌,杨 莹,张小平,等 (471)

青海湖流域矮嵩草草甸土壤有机碳密度分布特征 曹生奎,陈克龙,曹广超,等 (482)

基于生命周期评价的上海市水稻生产的碳足迹 曹黎明,李茂柏,王新其,等 (491)

研究简报

荒漠草原区柠条固沙人工林地表草本植被季节变化特征 刘任涛,柴永青,徐 坤,等 (500)

跨地带土壤置换实验研究 靳英华,许嘉巍,秦丽杰 (509)

SWAT 模型对景观格局变化的敏感性分析——以丹江口库区老灌河流域为例
..... 魏 冲,宋 轩,陈 杰 (517)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 288 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 29 * 2014-01



封面图说: 高原盐湖——中国是世界上盐湖分布比较稠密的国家,主要分布在高寒的青藏高原以及干旱半干旱地区的新疆、内蒙古一带。尽管盐湖生态环境极端恶劣,但它们依然是陆地特别是高原生态系统中十分重要的组成部分。微微型浮游植物通常是指粒径在 0.2—3 μm 之间的光合自养型浮游生物。微微型浮游植物不仅是海洋生态系统中生物量 and 生产力的最重要贡献者,也是盐湖生态系统最重要的组成部分。研究显示,水体矿化度是影响微微型浮游植物平面分布及群落结构组成的重要因子,光照、营养成分和温度等也会影响盐湖水体中微微型浮游植物平面分布及群落结构组成(详见 P282)。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201301110084

单秀娟,陈云龙,戴芳群,金显仕,杨顶田.黄海中南部不同断面鱼类群落结构及其多样性.生态学报,2014,34(2):377-389.
Shan X J, Chen Y L, Dai F Q, Jin X S, Yang D T. Variations in fish community structure and diversity in the sections of the central and southern Yellow Sea. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(2): 377-389.

黄海中南部不同断面鱼类群落结构及其多样性

单秀娟¹, 陈云龙^{1,2}, 戴芳群¹, 金显仕^{1,*}, 杨顶田³

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所 山东省渔业资源与生态环境重点实验室, 青岛 266071;
2. 中国海洋大学 水产学院, 青岛 266003; 3. 中国科学院南海海洋研究所 热带海洋环境国家重点实验室, 广州 510301)

摘要:基于 2006 年 9 月和 12 月、2007 年 3 月和 5 月对黄海中南部不同断面的底拖网调查数据,对黄海中南部不同断面的鱼类群落结构、多样性、单位时间的渔获量分布及其与环境因子的关系进行了分析。结果表明,调查中共捕获鱼类 109 种,其中鲈形目种类最多(45 种,占 40.18%),其次是鲉形目(12 种,占 10.71%)、鲱形目(10 种,占 8.93%)和鲽形目(10 种,占 8.93%),主要由暖温种和暖水种组成,并且暖水种和暖温种在各断面渔获量中所占的比例随时间不同而有所差异。各断面主要鱼种除小黄鱼 *Larimichthys polyactis*、带鱼 *Trichiurus lepturus*、银鲳 *Pampus argenteus* 等种类外,以小型中上层鱼类(鳀 *Engraulis japonicus*、黄鲫 *Setipinna taty* 等)和底层经济价值较低的鱼类(黄鲛鲷 *Lophius litulon*、细纹狮子鱼 *Liparis tanakai* 等)为主,各断面优势种渔获量均占其总渔获量的 50% 以上,主要鱼种渔获量均占其总渔获量 85% 以上。渔获物的营养级主要分布在 4.2—4.5、3.0—3.3 和 3.6—3.9,各营养级渔获量随时间和断面的不同有所变化。鱼类长度谱主要集中在 3—24 cm,由南向北长度谱逐渐增大。各断面鱼类群落多样性指数差异不大,与底层温度和深度关系密切。

关键词:黄海中南部断面;优势种;群落多样性;长度谱

Variations in fish community structure and diversity in the sections of the central and southern Yellow Sea

SHAN Xiujuan¹, CHEN Yunlong^{1,2}, DAI Fangqun¹, JIN Xianshi^{1,*}, YANG Dingtian³

1 Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-environment, Shandong Province, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China
2 College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China
3 State Key Laboratory of Oceanography in the Tropics, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China

Abstract: Based on the bottom trawl survey data by R/V “Beidou” from September, 2006 to May, 2007 in the sections of the central and southern Yellow Sea, fish community structure, community diversity, biomass distribution by catch per hour and their relationships with environmental variables were studied. A total of 109 species were collected, all of which were Osteichthyes, belonging to 86 genera, 57 families, and 16 orders. The most species-rich orders were Perciformes (45 species), followed by Scorpaeniformes (12 species), Clupeiformes (10 species), and Pleuronectiformes (10 species). The fish catch was dominated by warm water species and warm temperate species, including few cold temperate species. The proportion of species ecotypes in fish catch varied with survey time, e.g., warm water species dominated the catch in March 2007 and warm temperate species dominated the catch in September 2006. The majority of species were small-sized pelagic (e.g., *Engraulis japonicus*, *Setipinna taty*) and low-valued demersal species (e.g., *Lophius litulon*, *Liparis tanakai*),

基金项目:国家国际科技合作专项资助项目(2013DFA31410); 气候变化重大基础研究资助项目(973-2013CB956503); 公益性行业(农业)科研专项资助项目(200903005); 山东省泰山学者专项基金资助项目

收稿日期:2013-01-11; **修订日期:**2013-08-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jin@ysfri.ac.cn

excluding *Larimichthys polyactis*, *Trichiurus lepturus*, and *Pampus argenteus*. *Engraulis japonicus* was the dominant species during four surveys, but its proportion in the total catch varied significantly with survey time. The important species composition, excluding *Engraulis japonicus*, *Setipinna taty*, *Lophius litulon*, and *Liparis tanakai*, varied rapidly during survey time, as well among the different survey areas. The important species accounted for >85% of the total catch in every survey area, and the dominant species accounted for 50% of the total catch in every area. The trophic level of fish caught in the central and southern Yellow Sea was 4.2—4.5, 3.0—3.3 and 3.6—3.9. The trophic level of the catch varied among areas, and within an area over time. These changes were closely related to the population structure in each area, and the temporal and spatial distribution of prey organisms. For example, the juveniles (which feed primarily on zooplankton) were the dominant component of the total catch in May. A shift in the trophic level as the fish grew and their feeding ecology changed. The size spectra of fish was variable (3—24 cm), particularly in section S2, and the size spectra tended to increase from the south to north, associated with differences in fish community structure and fish biological characteristics. In addition, the size spectra varied within areas over time. There was a higher proportion of individuals >48 cm in December, 2006 whereas individuals <3 cm contributed a higher proportion in May, 2007. These changes were associated with the spawning, feeding, and overwintering migrations. The majority of species spawn in May, during which time the recruiting individuals dominated the catch. Conversely, the fish catch in December was dominated by overwintering species, which were found in the changes of the size spectra of *Lophius litulon*, *Liparis tanakai*, *Engraulis japonicus*, *Setipinna taty*, and *Larimichthys polyactis*. There was no significant difference in the diversity indices among the sections of central and southern Yellow Sea, and section S2 and S3 were particularly comparable. Based on a comparison of historical data, there appears to be a decreasing trend in fish diversity in the central and southern Yellow Sea. Analysis of the relationships between diversity indices and environmental variables suggested that the number of fish species and diversity indices were positively correlated with sea bottom temperature, and negatively correlated with water depth.

Key Words: sections of the central and southern Yellow Sea; dominant species; community diversity; size spectra

鱼类是渔业生态系统的重要组成部分,也是渔业最基本的生产对象和人类食物的重要来源。在渔业生态系统中,鱼类群落是空间尺度的重要生态单元,一定程度上反映了生态系统的能量流动和物质转换,因此,鱼类群落多样性是维持渔业生态系统平衡和保证渔业持续健康发展的重要基础。目前,世界各海域鱼类群落多样性正遭受到多方面威胁,在国际上已引起广泛关注。如渔业生态环境污染严重^[1-2]、过度捕捞^[3-6]及全球气候变化的加剧均引起渔业生态系统多样性受损并殃及生物多样性水平下降^[7-9]。我国学者对海洋鱼类群落多样性开展了广泛研究,主要集中于河口^[10-15]、海湾^[16]及沿岸水域^[3-4,17]。黄海中南部由于复杂的地形、底质及黄海冷水团、沿岸流、黄海暖流等交互影响,形成了生境差异较大的不同断面,造成了黄海中南部鱼类群落不同的生物地理分布格局^[18]。目前,关于这些不同断面鱼类组成差异及其影响因素的相关研究尚未见报道。因此,本研究基于对黄海中南部不同断面渔

业调查的基础上,对黄海中南部不同断面的鱼类群落结构、多样性、单位时间的渔获量分布及其相关环境因子进行了初步分析,以期为黄海中南部鱼类多样性保护及资源的科学管理提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 材料来源和处理

材料取自 2006 年 9 月和 12 月、2007 年 3 月和 5 月对黄海中南部 3 个不同断面进行的底拖网调查,调查区域为 120.5°—124°E,32°—36.5°N (图 1),其中 S1 断面位于南黄海北部,S3 断面位于黄海中部,S1 和 S3 断面是夏季贯穿黄海冷水团断面,S2 断面位于黄海和东海交界处,是黄海和东海物质和能量交换的锋面。“北斗”号渔业调查船的网具参数为:网具网目 836 目×20 cm,网口周长 167.2 m,网具总长度 83.2 m,囊网网目 2.4 cm,拖速为 3 kn。每站拖网 1 h,仅对渔获鱼类进行种类鉴定,记录每一种的单位时间的渔获尾数(尾/h)和单位时间的渔获量

(kg/h),现场同步用 SBE- 19 Seacat profiler 型 CTD 测定了水深、温度和盐度等环境因子的数据。

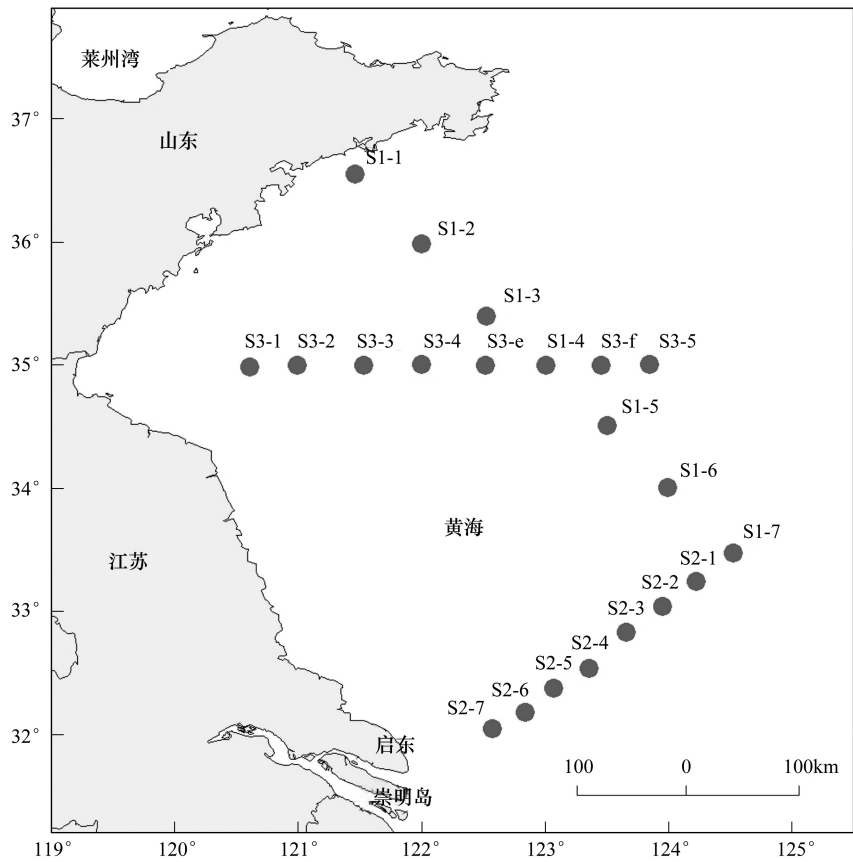


图 1 黄海中南部不同断面的调查站位
Fig.1 Sampling stations in the sections of the central and southern Yellow Sea

1.2 群落相似性

用 Bray-Curtis 相似性指数^[19] 计算各月份间鱼类组成的差异,分析黄海断面鱼类资源随时间变化的特征。

$$B = 100 \times \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^s |\chi_{ij} - \chi_{im}|}{\sum_{i=1}^s |\chi_{ij} + \chi_{im}|} \right]$$

式中, χ_{ij} , χ_{im} 分别为第*i* 个种类在第*j* 个月份和第*m* 个月份的单位时间的渔获量(经过 2 次平方根转换),*S* 为种类数。

1.3 群落多样性

本文在研究中采用了如下公式对鱼类群落的多样性进行分析研究:

Shannon-Weaver 多样性指标^[20]:

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

Margalef 种类丰度指标^[21]:

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

Pielou 均匀度指标^[22]:

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

式中,*S* 为种类数,*N* 为渔获总重量,*P_i* 为第*i* 种渔获物重量占总渔获物重量的比例。

1.4 相对重要性指数

采用 Pianka^[23] 的相对重要性指数 (Index of relative importance, *IRI*) 作为鱼类优势度的指标:

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

式中,*N%* 和 *W%* 分别是每种鱼类占所捕总量的个体数量百分比和个体重量百分比,*F* 是出现频率,即某一种出现的站数占有所有采样站中百分比。其中 *IRI* 值大于 1000 时为优势种,100—1000 为常见种,常见种与优势种一起合称为重要鱼种成分^[14]。

1.5 个体长度谱和群落营养结构

根据每种鱼类的总重量和总尾数,计算平均个体重量,将个体平均重量(假设 *W* = 0.01*L*³)转换成平均长度,然后将该种类的每小时网获尾数分配到

相应的长度组中^[24]。以长度组平均每网每小时渔获总尾数加 1 修正后的常用对数($\log_{10}$)作纵坐标(渔获总尾数加 1 避免了某长度组个体数出现零尾数),以长度组作横坐标,作两者的关系图。

渔获种类营养级分析参照张波^[25],然后将该种类的每小时网获尾数分配到相应的营养级组中,以每个营养级组平均每小时渔获总尾数加 1 修正后的常用对数作纵坐标(渔获总尾数加 1 避免了某营养级组出现零个体数),以营养级范围作横坐标,作两者关系图。

1.6 数理统计

数据作图所采用的软件为 Microsoft Excel,多样性参数通过 Primer v5^[26]完成,鱼类群落结构及多样性参数与环境因子的相关性分析通过 SPSS16.0 完成。

2 结果

2.1 种类组成

2006 年 9 月到 2007 年 5 月黄海中南部各断面调查共捕获鱼类 109 种,隶属于 16 目、57 科、86 属,其中鲈形目鱼类是主要类群,45 种(占 40.18%),其次是鲉形目 12 种(占 10.71%),鲱形目 10 种(占

8.93%),鲽形目 10 种(占 8.93%),鲀形目 5 种(占 4.46%),鳕形目 5 种(占 4.46%),其他各目种类均小于 5 种。2006 年 9 月种类最多,为 77 种,其次为 2007 年 3 月 76 种,2006 年 12 月 63 种,2007 年 5 月种类最少,仅 51 种。

根据鱼类生长和繁殖的适温特性鱼类可划分为暖温种、暖水种、冷温种和冷水种^[27],黄海中南部各断面鱼类以暖温种和暖水种为主,仅少量冷温种。其中暖温种主要包括蓝圆鲹 *Decapterus maruadsi*、六丝矛尾虾虎鱼 *Chaeturichthys hexanema*、黄鲛鲷 *Lophius litulon*、小黄鱼 *Larimichthys polyactis*、竹筴鱼 *Trachurus japonicus* 等;暖水种主要包括鳀 *Engraulis japonicus*、凤鲚 *Coilia mystus*、黄鲫 *Setipinna taty*、带鱼 *Trichiurus lepturus*、银鲳 *Pampus argenteus*、鰕齿鱼 *Champsodon capensis*、龙头鱼 *Psenopsis anomala* 等;冷温种主要包括细纹狮子鱼 *Liparis tanakai*、角木叶鲷 *Pleuronichthys cornutus* 等。黄海中南部各生态类型的种类数随断面不同有所变化,如暖温种在 S2 断面种类数要远大于 S1 和 S3 断面,暖水种种类数在 S1 和 S2 断面相差不大,但大于 S3 断面,冷温种在各断面的种类数相对比较均衡(表 1)。

表 1 黄海南部典型断面的各生态类型鱼类种类分布

Table 1 Species number distribution of different ecotype fish in the sections of the southern Yellow Sea

年-月 Year-month	暖温种 Warm temperate species			暖水种 Warm water species			冷温种 Cold water species		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
2006-09	20	34	23	10	11	6	5	4	6
2006-12	23	27	17	16	10	6	4	7	2
2007-03	22	21	17	9	9	7	2	8	3
2007-05	13	21	14	7	9	5	3	2	3

S:断面

2.2 优势种

2006 年 9 月优势种是小黄鱼和鳀,占总渔获量的 29.28%,细纹狮子鱼和黄鲛鲷也在总渔获量中占有较大的比重;2006 年 12 月优势种是鳀,占总渔获量的 15.22%,黄鲛鲷在总渔获量中占 24.94%;2007 年 3 月优势种是黄鲫、尖海龙、鳀,占总渔获量的 24.80%,但鲈在总渔获量中的比例高达 51.50%;2007 年 5 月优势种为鳀,占总渔获量的 72.61%,黄鲛鲷渔获量也较高,占总渔获量的 11.91%(表 2)。鳀在四个航次中均占优势地位,但其渔获量在总渔

获量中所占的比例变化较大,除鳀、小黄鱼、黄鲫、黄鲛鲷和细纹狮子鱼外,航次间重要鱼种组成变化较大。

根据单位时间的渔获量分析,各航次各断面黄鲛鲷为主要鱼种,黄鲫、鳀、细纹狮子鱼和小黄鱼在各断面分布也比较广泛,其他各种类在各断面的组成随时间变化差异较大,仅在 1 个断面作为主要鱼种出现的种类有 12 种,占整个主要鱼种种类数的 52.17%,在 2 个断面作为主要鱼种出现的有 5 种,占整个主要鱼种组成的 21.74%。

表 2 黄海中南部不同断面的主要鱼种组成

Table 2 Important fish species composition in the sections of the central and southern Yellow Sea

2006-09						2006-12					
种类 Species	单位时间 的渔获量 Catch per hour /(kg/h)	占总渔获量 的比例 Proportion in the total catch/%	相对重要性 指数 IRI	种类 Species	单位时间 的渔获量 Catch per hour /(kg/h)	占总渔获量 的比例 Proportion in the total catch/%	相对重要性 指数 IRI	种类 Species	单位时间 的渔获量 Catch per hour /(kg/h)	占总渔获量 的比例 Proportion in the total catch/%	相对重要性 指数 IRI
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	10.88	24.61	3714.45	鲷 <i>Engraulis japonicus</i>	1.68	15.22	1674.49				
鲷 <i>Engraulis japonicus</i>	2.06	4.67	1515.40	黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	0.96	8.68	985.14				
细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakai</i>	8.69	19.65	800.13	黄鲛鰈 <i>Lophius litulon</i>	2.75	24.94	976.77				
矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	1.39	3.15	710.51	小带鱼 <i>Eupleurogrammus muticus</i>	0.59	5.33	588.60				
带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>	3.44	7.79	641.79	龙头鱼 <i>Psenopsis anomala</i>	0.40	3.58	409.54				
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	1.76	3.99	640.61	细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakai</i>	0.78	7.08	398.08				
黄鲛鰈 <i>Lophius litulon</i>	3.91	8.85	358.99	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	0.53	4.78	395.49				
龙头鱼 <i>Psenopsis anomala</i>	1.24	2.81	309.76	绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys kumu</i>	0.78	7.06	334.13				
细条天竺鱼 <i>Apogonichthys lineatus</i>	0.17	0.38	243.86	刀鲚 <i>Coilia ectenes</i>	0.36	3.25	211.94				
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	1.05	2.38	176.42	赤鼻棱鲷 <i>Thryssa kammalensis</i>	0.19	1.72	196.47				
赤鼻棱鲷 <i>Thryssa kammalensis</i>	0.99	2.24	160.86	黑鳕梅童鱼 <i>Collichthys nitens</i>	0.06	0.54	178.67				
鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>	1.55	3.51	143.05	虹鲃 <i>Erisphex pottii</i>	0.08	0.71	153.67				
燕尾鲷 <i>Pampus cinereus</i>	0.82	1.86	112.05	银鲳 <i>Pampus argenteus</i>	0.31	2.77	149.28				
合计 Total	37.95	85.89		合计 Total	9.47	85.66					

2007-03						2007-05					
种类 Species	单位时间 的渔获量 Catch per hour /(kg/h)	占总渔获量 的比例 Proportion in the total catch/%	相对重要性 指数 IRI	种类 Species	单位时间 的渔获量 Catch per hour /(kg/h)	占总渔获量 的比例 Proportion in the total catch/%	相对重要性 指数 IRI	种类 Species	单位时间 的渔获量 Catch per hour /(kg/h)	占总渔获量 的比例 Proportion in the total catch/%	相对重要性 指数 IRI
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	4.80	17.56	3151.37	鲷 <i>Engraulis japonicus</i>	19.41	72.61	8755.58				
尖海龙 <i>Syngnathus acus</i>	0.30	1.08	1820.53	黄鲛鰈 <i>Lophius litulon</i>	3.18	11.91	889.22				
鲷 <i>Engraulis japonicus</i>	1.69	6.16	1000.27	黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	1.55	5.79	566.23				
鲈 <i>Scomber japonicus</i>	14.09	51.50	731.98	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	0.73	2.72	256.67				
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	1.02	3.73	445.76	尖海龙 <i>Syngnathus acus</i>	0.03	0.10	231.07				
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	0.48	1.76	349.45	绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys kumu</i>	0.22	0.83	152.29				
黄鲛鰈 <i>Lophius litulon</i>	1.74	6.34	324.48								
细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakai</i>	0.62	2.26	264.76								
小带鱼 <i>Eupleurogrammus muticus</i>	0.47	1.72	213.38								
合计 Total	25.21	92.11		合计 Total	25.12	93.96					

2.3 资源量和群落营养结构

各断面前 5 位鱼种的渔获量占断面总渔获量的 60%以上,有的断面甚至高达 98%。2006 年 12 月和 2007 年 5 月各断面单位时间的渔获量呈现 S1>S2>S3 的趋势,2006 年 9 月呈现由中间 S2 断面向两边逐渐减少的趋势,而 2007 年 3 月呈现由中间 S2 断面向两边逐渐增加的趋势。各航次冷温种在总渔获量中所占的比例保持相对稳定,从 2006 年 9 月到 2007 年 3 月,暖温种在总渔获量中所占的比例逐渐

减少,暖水种在总渔获量所占的比例逐渐增加,但 2007 年 5 月主要以暖温种为主,暖水种和冷温种在总渔获量中仅占 8.46%,S1 断面不同生态型渔获量分布变化趋势也是如此。2006 年 9 月 S2 断面渔获量要显著高于其他航次的渔获量,以暖温种和暖水种为主,暖温种和暖水种渔获量变化趋势与 S1 断面一致,但是在 2007 年 5 月暖温种和暖水种在渔获量中均占有较大比重。S3 断面与 S1 断面渔获量分布一致,但各生态类型渔获量所占的比例有所变化(图 2)。

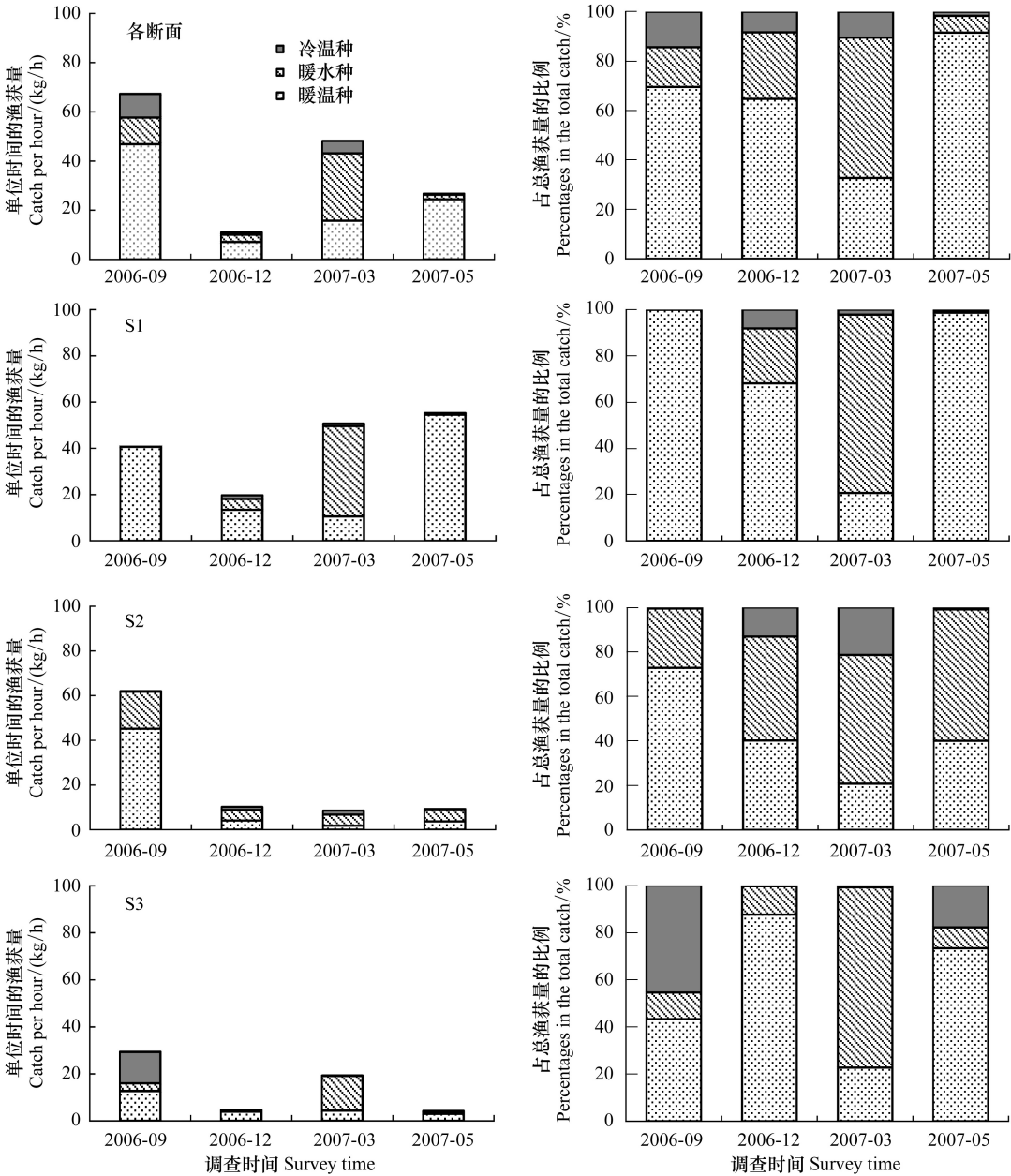


图 2 黄海中南部不同断面各生态类型单位时间的渔获量及其在总渔获量中的比例

Fig.2 Distribution of the catch per hour and proportion of fish ecotypes and their percentages in the total catch in sections of the central and southern Yellow Sea

2006 年 9 月和 12 月营养级在 3.0—3.3 和 4.2—4.5 的渔获物占较高比例,2007 年 3 月和 5 月渔获物主要分布在营养级 3.0—3.3、3.6—3.9 和 4.2—4.5,除营养级 3.6—3.9 的渔获物外,2007 年 3 月其他各营养级的渔获物渔获量明显高于 2007 年 5 月;S1 断面 2006 年 12 月、2007 年 3 月和 5 月渔获物主要分布在营养级 3.6—3.9 和 4.2—4.5;2006 年 9 月渔获物主要分布在营养级 3.3—3.6、3.6—3.9 和 4.2—

4.5;S2 断面 2006 年 9 月和 12 月、2007 年 5 月渔获物主要分布在营养级 3.0—3.3、3.6—3.9、4.2—4.5,2007 年 3 月渔获物主要分布在 4.2—4.5;S3 断面 2006 年 9 月和 12 月、2007 年 3 月渔获物主要分布在营养级 3.6—3.9 和 4.2—4.5,2007 年 5 月渔获物主要分布在 4.2—4.5。从上可以看出,黄海中南部各断面渔获物主要分布在营养级 4.2—4.5、3.0—3.3 和 3.6—3.9(图 3)。

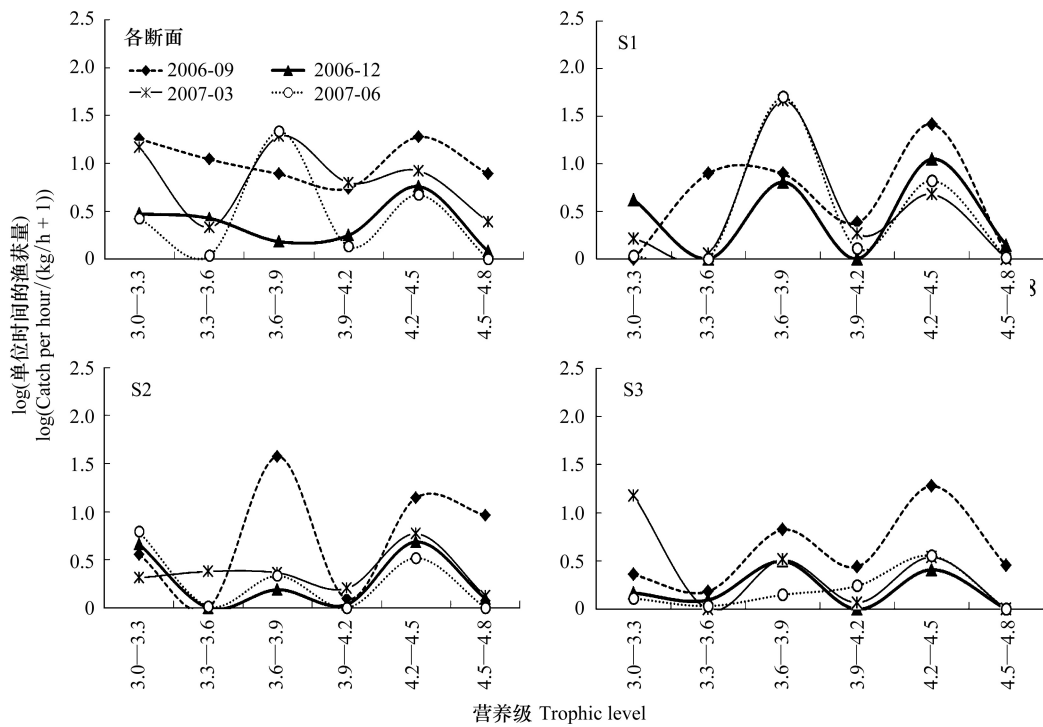


图 3 黄海中南部不同断面鱼类组成的营养结构
Fig.3 Distribution of trophic structure of fish in sections of the central and southern Yellow Sea

2.4 群落结构多样性及与环境因子的关系

各航次 H' 、 D 和 J 变化差异不大,2006 年 9 月和 2007 年 3 月的 H' 、 D 相对高于其他航次。S1 断面各航次 J 变化不大,但 2006 年 12 月 H' 、 D 最高,其次是 2007 年 3 月和 5 月,2006 年 9 月最小。S2 断面各航次 J 变化不大,2007 年 5 月 H' 、 D 显著低于其他航次,并且其他航次的 H' 、 D 差异不大。S3 断面各航次 J 变化不大,2006 年 9 月 H' 、 D 明显高于其他航次,但其他航次的 H' 、 D 差异不大(图 4)。从多样性指数与环境因子的相关关系分析来看(表 3),2006 年 9 月鱼类种类数与表层温度呈正相关($P<0.05$),与底层温度呈显著正相关($P<0.01$),与深度呈显著负相关($P<0.01$), D 与底层温度呈显著正相关($P<0.01$),而与底层盐度、深度呈显著负相关($P<$

0.01),而 H' 与表层温度呈正相关($P<0.05$),与深度呈负相关($P<0.05$);2006 年 12 月鱼类种数、 D 和 H' 分别与表层温度和底层温度呈显著正相关($P<0.01$), J 与底层温度呈正相关($P<0.05$);2007 年 3 月,多样性指数与环境因子不存在相关性,而 2007 年 5 月鱼类种类数与底层温度、 D 与底层温度呈正相关($P<0.05$), D 与底层盐度呈负相关($P<0.05$)。

2.5 鱼类的长度谱

2006 年 9 月到 2007 年 5 月,鱼类长度谱主要集中在 3—24 cm(图 5),2006 年 9、12 月和 2007 年 3 月 36—42 cm 的个体也较多,2006 年 12 月大于 48 cm 的个体较多,而 2007 年 5 月小于 3 cm 的个体也占较高比重。S1 断面,2006 年 9 月鱼类长度谱主要分布在 6—9 cm 和 12—33 cm,2006 年 12 月鱼类长

度谱主要分布在 3—27 cm、39—42 cm 和 35—48 cm,2007 年 3 月鱼类长度谱主要分布在 3—15 cm、18—24 cm 和 36—39 cm,2007 年 5 月长度谱主要分布在 6—18 cm、21—27 cm 和 45—48 cm。S2 断面长度谱主要分布在 3—18 cm,另外,2006 年 9 月长度谱

在 21—24 cm、27—30 cm 和 36—39 cm 的个体也占较高比重。S3 断面长度谱主要分布在 3—24 cm,在 2007 年 3 月小于 3 cm 的个体也较多,2006 年 9 月 24—30 cm 个体也占很高比重。各主要种类平均体长分布随调查时间和断面的变化而有所差异见表 4。

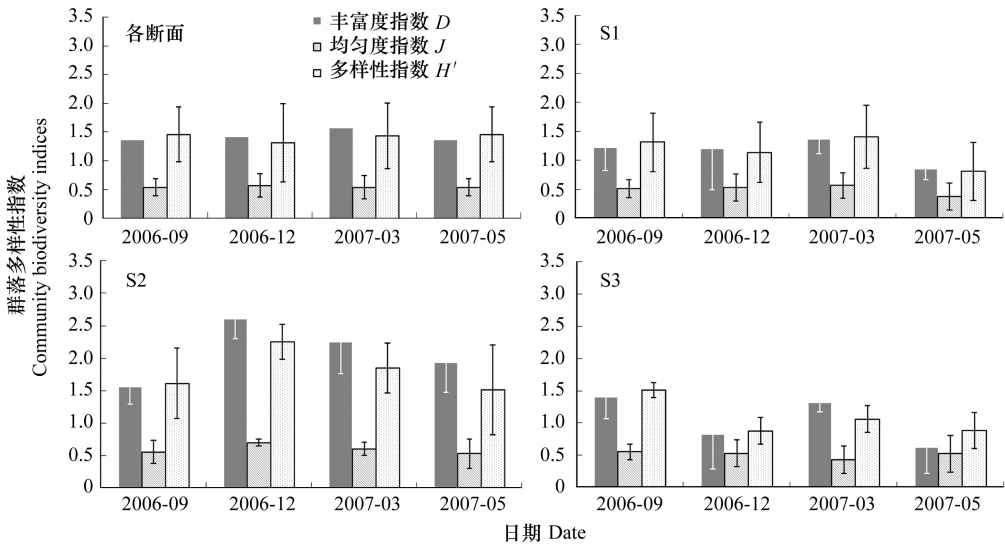


图 4 黄海中南部不同断面的鱼类多样性
Fig.4 Fish species diversity in the sections of the central and southern Yellow Sea

表 3 黄海中南部不同断面鱼类多样性指数与环境因子的关系

Table 3 Correlations among the fish species diversity indices and the environmental factors in the central and southern Yellow Sea		因子 Factors							
日期 Date		鱼类种 类数 Number of fish species	丰富度 指数 Richness index D	多样性 指数 Diversity index H'	均匀度 指数 Evenness index J	表层 温度 Sea surface temperature	表层 盐度 Sea surface salinity	底层 温度 Sea bottom temperature	底层 盐度 Sea bottom salinity
2006-09	鱼类种类数 Number of fish species								
	丰富度指数 Richness index D	0.935 **							
	多样性指数 Diversity index H'	0.340	0.352						
	均匀度指数 Evenness index J	0.710 **	0.695 **	0.899 **					
	表层温度 Sea surface temperature	0.461 *	0.286	0.435	0.528 *				
	表层盐度 Sea surface salinity	0.313	0.137	0.138	0.225	0.491 *			
	底层温度 Sea bottom temperature	0.783 **	0.750 **	0.060	0.385	0.421	0.528 *		
	底层盐度 Sea bottom salinity	-0.428	-0.569 *	-0.139	-0.286	0.034	0.196	-0.484 *	
	深度 Water depth	-0.679 **	-0.731 **	-0.237	-0.466 *	-0.273	-0.344	-0.829 **	0.811 **
2006-12	鱼类种类数 Number of fish species								
	丰富度指数 Richness index D	0.994 **							
	多样性指数 Diversity index H'	0.547 *	0.549 *						
	均匀度指数 Evenness index J	0.961 **	0.965 **	0.694 **					
	表层温度 Sea surface temperature	0.739 **	0.699 **	0.479	0.646 **				
	表层盐度 Sea surface salinity	0.557 *	0.507	0.138	0.413	0.781 **			
	底层温度 Sea bottom temperature	0.775 **	0.731 **	0.622 *	0.709 **	0.919 **	0.693 **		
	底层盐度 Sea bottom salinity	0.253	0.202	-0.233	0.099	0.527 *	0.832 **	0.309	
	深度 Water depth	-0.076	-0.118	-0.417	-0.161	0.147	0.350	-0.033	0.747 **

续表

日期 Date	因子 Factors							
	鱼类种 类数	丰富度 指数	多样性 指数	均匀度 指数	表层 温度	表层 盐度	底层 温度	底层 盐度
	Number of fish species	Richness index <i>D</i>	Diversity index <i>H'</i>	Evenness index <i>J</i>	Sea surface temperature	Sea surface salinity	Sea bottom temperature	Sea bottom salinity
2007-03	鱼类种类数 Number of fish species							
	丰富度指数 Richness index <i>D</i>	0.899 **						
	多样性指数 Diversity index <i>H'</i>	0.128	0.480					
	均匀度指数 Evenness index <i>J</i>	0.391	0.688 **	0.962 **				
	表层温度 Sea surface temperature	0.317	0.183	0.041	0.132			
	表层盐度 Sea surface salinity	0.220	0.042	-0.084	-0.010	0.631 *		
	底层温度 Sea bottom temperature	0.458	0.216	-0.189	-0.047	0.921 **	0.669 **	
	底层盐度 Sea bottom salinity	0.479	0.207	-0.339	-0.190	0.409	0.647 **	0.654 **
	深度 Water depth	0.159	-0.090	-0.441	-0.365	0.178	0.776 **	0.381
2007-05	鱼类种类数 Number of fish species							
	丰富度指数 Richness index <i>D</i>	0.969 **						
	多样性指数 Diversity index <i>H'</i>	0.358	0.471					
	均匀度指数 Evenness index <i>J</i>	0.772 **	0.846 **	0.837 **				
	表层温度 Sea surface temperature	0.375	0.303	-0.026	0.074			
	表层盐度 Sea surface salinity	-0.290	-0.235	0.164	0.068	-0.840 **		
	底层温度 Sea bottom temperature	0.629 *	0.620 *	0.298	0.437	0.815 **	-0.702 **	
	底层盐度 Sea bottom salinity	-0.469	-0.538 *	-0.365	-0.447	-0.501	0.546 *	-0.749 **
	深度 Water depth	-0.179	-0.200	-0.030	-0.038	-0.570 *	0.803 **	-0.634 *

* $P<0.05$; ** $P<0.01$

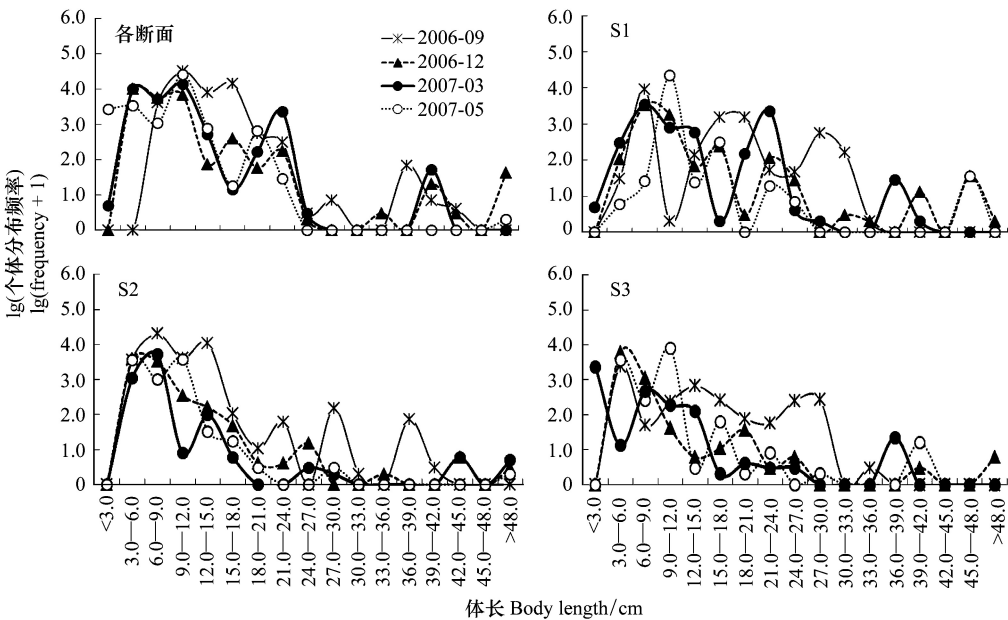


图 5 黄海中南部不同断面鱼类长度谱
Fig.5 Size spectra of fish in the sections of the central and southern Yellow Sea

表 4 黄海中南部不同断面主要种类的平均体长分布

Table 4 Average body length distribution of main species in the sections of the central and southern Yellow Sea		黄鲛鰾/cm	小黄鱼/cm	鲹/cm	细纹狮子鱼/cm	黄鲫/cm
日期 Date		<i>Lophius litulon</i>	<i>Larimichthys polyactis</i>	<i>Engraulis japonicus</i>	<i>Liparis tanakai</i>	<i>Setipinna taty</i>
2006-09	S1	32.41	15.01	7.61	27.94	13.39
	S2	/	13.08	6.02	/	10.15
	S3	24.73	12.90	5.77	28.34	/
2006-12	S1	48.66	15.42	10.96	40.95	8.92
	S2	58.96	14.11	5.21	44.81	11.72
	S3	53.86	16.00	8.55	40.51	/
2007-03	S1	37.78	14.91	8.78	10.37	14.97
	S2	42.73	12.68	6.81	54.91	8.42
	S3	39.57	15.44	10.82	6.07	9.93
2007-05	S1	46.35	15.59	11.55	11.29	9.20
	S2	10.62	5.20	5.60	4.64	9.28
	S3	38.89	14.91	10.85	8.96	6.78

3 讨论

3.1 种类组成

黄海中南部各断面鱼类种类以鲈形目最多,并且暖温种和暖水种占主要成分,仅少量冷温种,这与整个黄海水域^[3]及黄海中南部^[4]种类组成一致。各断面鱼类种类组成存在明显的季节变化,这与鱼类季节间产卵、索饵及越冬洄游有关^[3]。各断面重要鱼种除小黄鱼、带鱼、银鲳等鱼类外,以小型中上层鱼类(鲹、黄鲫等)和底层经济价值较低的种类(黄鲛鰾、细纹狮子鱼等)为主,优势种的渔获量在各断面均占总渔获量的 50%以上,重要鱼种渔获量在总渔获量中均占 85%以上,充分体现了目前黄海中南部各断面能量流动和生态位主要由少数主要种类控制,这在黄海中南部主要种类的生态位分析中也有体现^[28],类似的研究结果在其他的研究海域如渤海^[29]、东海^[30]、长江口^[11,14-15]也得到证实。黄海中南部不同断面鱼类资源结构与黄海大面调查历史资料相比有较大变化,1959 年,整个黄海水域优势种以小黄鱼、带鱼、鲆鲽类经济价值较高的种类为主^[3],到 1990 年代末,黄鲛鰾和细纹狮子鱼等低值鱼类逐渐成为优势种^[31],与之相适应的是我国近海捕捞产量的 60%以上由小型中上层鱼类、底层低值鱼类及经济鱼类的幼体组成^[3]。这与一些地区性种类,如鲆形目、鲉形目种类和软骨鱼类因过度捕捞和环境污染直接导致种类数减少、分布范围改变及资源量

下降,有的甚至枯竭密切相关^[18]。

3.2 渔获量时空分布

暖水种和暖温种的渔获量在各断面总渔获量中所占的比例随时间不同而有所差异,如 2007 年 3 月各断面暖水种占主要成分,而 2006 年 9 月暖温种占主要成分,在 S3 断面,冷温种渔获量也占较大的比例,这与各断面主要鱼种的变化密切相关,2006 年 9 月 S3 断面冷温种渔获量主要是由于细纹狮子鱼大量分布引起,而 S1 和 S2 断面有大量的小黄鱼、黄鲛鰾等暖温种类的分布,与其他研究中相近时间各种类的分布范围类似^[32-33]。2006 年 12 月和 2007 年 5 月各断面渔获量呈现 S1>S2>S3 的趋势,2006 年 9 月渔获量呈现由中间 S2 断面向两边逐渐减少的趋势,而 2007 年 3 月渔获量呈现由中间 S2 断面向两边逐渐增加的趋势,这与各断面优势种小黄鱼、黄鲛鰾、细纹狮子鱼、鲹和黄鲫等种类的渔获量变化及分布有关。2007 年 5 月各优势种渔获量与 1950 年代以来黄海大面调查各优势种渔获量有较大变化,如小黄鱼渔获量在总渔获量中占的比例显著降低,而黄鲛鰾在总渔获量中所占的比例有所增加,黄鲫、鲹在总渔获量中所占的比例从 1980 年代开始有所增加,但单位时间的渔获量下降^[3]。

3.3 营养结构与长度谱

黄海中南部各断面渔获物的营养级主要分布在 4.2—4.5、3.0—3.3 和 3.6—3.9,各断面各营养级的渔获量存在差异,相同断面各营养级的渔获量随时间

不同也存在差异,这与各断面鱼类资源结构有关,同时,也与各种鱼类饵料的季节和空间分布变化有关,虽然黄海中南部各断面的鱼类主要以浮游动物食性为主,但除太平洋磷虾外,其余各浮游动物种类均存在显著的季节和空间差异^[34];另外,也与黄海鱼类的生长繁殖周期有关,黄海鱼类的产卵盛期是5—8月^[35],因此,5月调查中食浮游动物的幼鱼占主要成分(这在鱼类长度谱分布中也有证实,图5),9月随着鱼体的生长,逐渐转变成成鱼的摄食习性,随之造成营养级的改变。黄海中南部各断面渔获物平均营养级与20世纪初平均营养级3.4^[36]差异不大,说明近年来黄海生态系统中鱼类资源的结构和食物利用方式保持相对稳定,这在黄海中南部断面鱼类食物网分析^[31]和黄海主要优势种摄食组成长期变化^[34]中也得到证实。食物网结构和能量流动是生态系统结构和功能变化的指示因子^[37],黄海近十年来鱼类资源结构和能量流动方式的相对稳定反映了黄海生态系统的相对稳定,也从侧面彰显了我国近年来的采取的一些渔业资源和水域环境管理保护措施积极作用。

鱼类长度谱在一定程度上反映了生物群落的能量结构及其对外界压力的响应^[38-39],即各鱼类种群资源结构稳态,黄海中南部各断面鱼类长度谱集中在3—24 cm,S2断面长度谱分布更集中,并且小于S1和S3断面,黄海中南部水域各断面总体由南向北鱼类长度谱逐渐增大的趋势,这与各断面的种类组成有关,如北部断面主要以黄鲛鰵、鲢、细纹狮子鱼、大头鳕、小黄鱼为主,南部的断面以鲢、黄鲫、龙头鱼为主,在黄、东海鱼类的研究中也类似发现^[30]。另外,各断面鱼类长度谱存在时空差异,如2006年12月大于48 cm的个体也较多,2007年5月小于3 cm的个体也占较高比重,这与鱼类的产卵、索饵和越冬等生理洄游过程及各关键洄游区分布有直接的关系,5月是多数鱼类的产卵期,补充群体在渔获量中占较高比重,而12月主要是越冬群体,这在黄鲛鰵、细纹狮子鱼、鲢、小黄鱼和黄鲫等体长分布中均有体现(表3);其次,各断面鱼类群落结构的差异也造成了其长度谱的不同。另外,有的种类因雌雄体长及其分布的差异也会造成各个断面长度谱的差异,如黄鲛鰵9月主要分布在黄海;11月到翌年1月扩展分布至东海,达到性成熟体长的雌雄个体分布

特征不同,雄性主要分布在东海,而雌性只分布在黄海;2月到5月未成熟个体分布在黄海和东海,产卵群体均分布在东海和日本九州岛沿岸,黄海中无性成熟个体,并且雌雄个体平均体长存在明显差异,通常雌性个体大于雄性个体^[40],这在黄海中南部黄鲛鰵的研究中也有类似发现^[41]。

3.4 群落结构多样性

黄海中南部各断面群落多样性指数总体差异不大,并且各航次各断面的鱼类主要分为两个类群,S2断面和S3断面具有较高的相似性。鱼类群落的这种多样性变化与生境结构、饵料资源状况及鱼类生理活动密切相关,鱼类洄游造成其时空分布的差异,从而引起鱼类群落结构和多样性的变化^[3,15],甚至鱼类昼夜移动及种间关系的改变,也会造成其多样性的变化^[42]。另外,本研究中2007年5月鱼类多样性指数(1.46)与1959年(2.37)、1981年(3.30)和1986年(1.81)黄海大面调查中鱼类多样性指数有所降低,这在渤海^[43]、长江口^[15]、东海^[44]鱼类多样性的年际变化中均有发现,并且研究证实这种长时间尺度的鱼类多样性的降低主要是由于高强度的捕捞和环境污染引起^[7,15,21]。鱼类群落的多样性指数与可利用的生态位和生境大小有关系,并且因环境因素的多变性鱼类群落结构在空间上表现出较大的空间异质性^[45]。2006年9月,多样性指数 J 、 D 与深度呈明显的负相关关系,其他月份关系不显著。2006年9月和2006年12月,多样性指数 J 、 D 和海水温度有明显的正相关关系,而在2007年3月和2007年5月其关系不明显。在黄、东海冬季底层鱼类群落多样性分析中也发现鱼类的各多样性指数与深度、底层温度和底层盐度呈显著正相关,黄、东海秋冬季节逐渐形成和强势的海表温度锋面影响着鱼类的摄食和洄游等行为^[46],可能是造成与鱼类群落的多样性指数关系密切的原因,而随着春季海水温度的回升,锋面的逐渐消失使得这种关系变的不显著。对大西洋大尺度范围的物种丰富度的研究也表明,海水温度是众多环境因子中对底层物种分布模式具有重要影响作用的因素^[47]。费鸿年等研究南海北部大陆架底栖鱼类时发现,物种多样性与温度及水深有比较明显的关系^[48]。此外,环境因子例如水温、盐度和地形等因素以及鱼类本身的洄游活动等叠加作用也可能使多样性指数与单一环境因子的关系不显

著。另外,一些中上层种类如鲢对外界环境变化非常敏感^[49],而鲢作为黄海生态系统食物网中的关键种,曾被超过 60% 的鱼类摄食^[50],目前,因过度捕捞导致其资源量的下降^[43],对黄海鱼类群落结构及其多样性造成了一定影响,并且黄海部分鱼类转向摄食脊腹褐虾 *Crangon affinis*^[34-35]。

致谢:感谢中国水产科学研究院黄海水产研究所资源室成员及“北斗”号全体船员在室内实验和野外调查取样过程中给予的帮助。

References:

[1] Lotze H K, Lenihan H S, Bourque B J. Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science*, 2006, 312(5781): 1806-1809.

[2] Stramma L, Johnson G C, Sprintall J, Mohrholz V. Expanding oxygen-minimum zones in the tropical oceans. *Science*, 2008, 320(5876): 655-658.

[3] Jin X S, Tang Q S. Changes in fish species diversity and dominant species composition in the Yellow Sea. *Fisheries Research*, 1996, 26(3/4): 337-352.

[4] Xu B D, Jin X S. Variations in fish community structure during winter in the southern Yellow Sea over the period 1985—2002. *Fisheries Research*, 2005, 71(1): 79-91.

[5] Baum J K, Worm B. Cascading top-down effects of changing oceanic predator abundances. *Journal of Animal Ecology*, 2009, 24(5): 254-262.

[6] Boudreau S A, Anderson S C, Worm B. Top-down interactions and temperature control of snow crab abundance in the northwest Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 2011, 429: 169-183.

[7] Worm B, Barbier E B, Beaumont N. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 2006, 314(5800): 787-790.

[8] Tittensor D P, Mora C, Jetz W. Global patterns and predictors of marine biodiversity across taxa. *Nature*, 2010, 466(7310): 1098-1101.

[9] Cheung W W L, Lam V W Y, Sarmiento J L, Kearney K, Watson R, Pauly D. Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. *Fish and Fisheries*, 2009, 10(3): 235-251.

[10] Jin X S, Deng J Y. Variations in community structure of fishery resources and biodiversity in the Laizhou Bay Shandong. *Biodiversity Science*, 2000, 8(1): 65-72.

[11] Jin X S, Shan X J, Guo X W, Li X S. Community structure of fishery biology in the Yangtze River estuary and its adjacent waters. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(9): 4761-4772.

[12] Shan X J, Jin X S, Yuan W. Taxonomic diversity of fish assemblages in the Changjiang Estuary and its adjacent waters. *Acta Oceanologica Sinica*, 2010, 29(2): 70-80.

[13] Shan X J, Jin X S, Yuan W. Fish assemblage structure in the hypoxic zone in the Changjiang Yangtze River estuary and its adjacent waters. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2010, 28(3): 459-469.

[14] Shan X J, Jin X S. Diversity of fish community structure in the spring-time offshore waters at the Yangtze River estuary. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2011, 42(1): 32-40.

[15] Li J S, Li S F, Ding F Y, Cheng J H. Analysis on annual change of fish diversity in Yangtze estuary offshore water area. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2007, 14(2): 637-643.

[16] Xu Z L, Shen A L. Spatial and temporal distribution on fish diversity in the Xinghua Bay. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2011, 18(2): 416-426.

[17] Lü Z B, Li F, Xu B Q, Wang B. Fish community diversity during spring and autumn in the Yellow Sea off the coast of Shandong. *Biodiversity Science*, 2012, 20(2): 207-214.

[18] Chen D G. *Fishery Ecology of the Bohai Sea and the Yellow Sea*. Beijing: Ocean Press, 1991: 1-18.

[19] Bray T R, Curtis J T. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 1975, 27(4): 325-349.

[20] Shannon C E, Weaver W. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois Press, 1949.

[21] Margalef R. *Information theory in ecology*. General System, 1958, 3: 36-71.

[22] Pielou E C. *Ecological Diversity*. New York: Wiley, 1975.

[23] Pianka E R. Ecology of the Agamid lizard *amphibolus isolepis* in Western Austria. *Copeia*, 1971: 527-536.

[24] Bianchi G, Gislason H, Graham K, Hill L, Jin X, Koranteng K, Manickchand-Heileman S, Payá I, Sainsbury K, Sanchez F, Zwanenburg K. Impact of fishing on size composition and diversity of demersal fish community. *ICES Journal of Marine Science*, 2000, 57(3): 558-571.

[25] Zhang B. Preliminary Studies on Marine Food Web and Trophodynamics in China Coastal Seas [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2005.

[26] Clarke K R, Gorley R N. *PRIMER v5: User, Manual/Tutorial*. Plymouth: PRIMER-E Ltd., 2001.

[27] Jin X S, Zhao X Y, Meng T X, Cui Y. *Living resources and environment in the Yellow Sea and Bohai Sea*. Beijing: Science Press, 2005: 110-112.

[28] Yu Z H, Jin X S, Li X S. Analysis of ecological niche for major fish species in the central and southern Yellow Sea. *Progress in Fishery Sciences*, 2010, 31(6): 1-8.

[29] Jin X S. The dynamics of major fishery resources in the Bohai Sea. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2001, 7(4): 22-26.

[30] Liu Y, Li S F, Cheng J H. A study on seasonal changes of the fish communities in the East China Sea and the Huanghai Sea. *Acta Oceanologica Sinica*, 2006, 28(4): 108-114.

[31] Zhang B, Tang Q S, Jin X S. Functional groups of communities and their major species at high trophic level in the Yellow Sea ecosystem. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1099-1111.

[32] Li Z L. Interannual Changes in Biological Characteristics and Population Dynamics of Cmall Yellow Croaker *Larimichthys polyactis*, Pacific Cod *Gadus macrocephalus* and Anglerfish *Lophius litulon* in the Yellow Sea [D]. Qingdao: Oceanology of Institute, Chinese Academy of Sciences, 2011.

[33] Zhou Z P, Jin X S, Shan X J, Li Z L, Dai F Q. Seasonal variations in distribution and biological characteristics of snailfish *Liparis tanakae* in the central and southern Yellow Sea. *Acta Ecologica*, 2012, 32(17): 5550-5561.

[34] Zhang B, Jin X S. Seasonal variations of the functional groups of

fish community and their consumption of zooplankton in the Yellow Sea. *Journal of Fisheries of China*, 2010, 34(4): 548-558.

[35] Wan R J, Jiang Y W. Studies on the ecology of eggs and larvae of Osteichthyes in the Yellow Sea. *Marine Fisheries Research*, 1998, 19(1): 60-73.

[36] Zhang B, Tang Q S. Study on trophic levels of important resource species at high troph levels in the Bohai Sea, Yellow Sea and East China Sea. *Advances in Marine Science*, 2004, 22(4): 393-404.

[37] Jin X S, Zhang B, Xue Y. The response of the diets of four carnivorous fishes to variations in the Yellow Sea ecosystem. *Deep Sea Research II: Topical Studies in Oceanography*, 2010, 57(11/12): 996-1000.

[38] Blanchard J L, Dulvy N K, Jennings S. Do climate and fishing influence size-based indicators of Celtic Sea fish community structure?. *ICES Journal of Marine Science*, 2005, 62(3): 405-411.

[39] Marquet P A, Quifiones R A, Abades S, Labra F, Tognelli M, Arim M, Marcelo R M. Scaling and power-laws in ecological systems. *Journal of Experimental Biology*, 2005, 208(9): 1749-1769.

[40] Yoneda M, Tokimura M, Fujita H. Reproductive cycle, fecundity, and seasonal distribution of the anglerfish *Lophius litulon* in the East China and Yellow Seas. *Fish Bulletin*, 2001, 99(2): 356-370.

[41] Zhang X J, Shen W, Li J S, Cheng J H. Distribution pattern of *Lophius litulon* and its' relationship with environmental factors in the south Yellow Sea and north East China Sea. *Marine Fisheries*, 2010, 32(1): 59-65.

[42] Jin X. Fishery biodiversity and community structure in the Yellow and Bohai Seas. *American Fisheries Society Symposium*, 2003, 38: 643-650.

[43] Jin X S, Hamre J, Zhao X Y, Li F G. Study on the quota management of anchovy (*Engraulis japonicus*) in the Yellow Sea. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2001, 8(3): 27-30.

[44] Cheng J H, Ding F Y, Li S F, Yan L P, Li J S, Liang Z L. Changes of fish community structure in the coastal zone of the northern part of East China Sea in summer. *Journal of Natural Resources*, 2006, 21(5): 775-781.

[45] Selleslagh J, Ailalara R. Environmental factors structuring fish composition and assemblages in a small macrotidal estuary (eastern English Channel). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2008, 79(3): 507-517.

[46] Hickox R, Belkin I M, Cornillon P, Shan Z Q. Climatology and seasonal variability of ocean fronts in the East China, Yellow and Bohai seas from satellite SST data. *Geophysical Research Letters*, 2000, 27(18): 2945-2948.

[47] Macpherson E. Large-scale species-richness gradients in the Atlantic Ocean. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2002, 269(1501): 1715-1720.

[48] Fei H N, He B Q, Chen G M. The regional and seasonal variations of diversity and dominant species of demersal fish communities in continental shelf of northern Nan Hai. *Journal of Fisheries of China*. *Journal of Fisheries of China*, 1981, 5(1): 1-20.

[49] Tang Q S, Ye M Z. The exploitation and conservation of nearshore fisheries resources off Shandong. Beijing: China Agriculture Press, 1990: 117-119.

[50] Iversen S A, Zhu D, Johannessen A, Toresen R. Stock size, distribution and biology of anchovy in the Yellow Sea and East China Sea. *Fisheries Research*, 1993, 16(2): 147-163.

参考文献:

[10] 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. *生物多样性*, 2000, 8(1): 65-72.

[11] 金显仕, 单秀娟, 郭学武, 李显森. 长江口及其邻近海域渔业生物的群落结构特征. *生态学报*, 2009, 29(9): 4761-4772.

[14] 单秀娟, 金显仕. 长江口近海春季鱼类群落结构的多样性研究. *海洋与湖沼*, 2011, 42(1): 32-40.

[15] 李建生, 李圣法, 丁峰元, 程家骅. 长江口近海鱼类多样性的年际变化. *中国水产科学*, 2007, 14(2): 637-643.

[16] 徐兆礼, 沈益绿. 兴化湾海域鱼类多样性的时空变化. *中国水产科学*, 2011, 18(2): 416-426.

[17] 吕振波, 李凡, 徐炳庆, 王波. 黄海山东海域春、秋季鱼类群落多样性. *生物多样性*, 2012, 20(2): 207-214.

[18] 陈大刚. 黄渤海渔业生态学. 北京: 海洋出版社, 1991: 1-18.

[25] 张波. 中国近海食物网及鱼类营养动力学关键过程的初步研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2005.

[27] 金显仕, 赵宪勇, 孟田湘, 崔毅. 海生物资源与栖息环境. 北京: 科学出版社, 2005: 110-112.

[28] 于振海, 金显仕, 李显森. 黄海中南部主要鱼种的生态位分析. *渔业科学进展*, 2010, 31(6): 1-8.

[29] 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.

[30] 刘勇, 李圣法, 程家骅. 东海、黄海鱼类群落结构的季节变化研究. *海洋学报*, 2006, 28(4): 108-114.

[31] 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. *生态学报*, 2009, 29(3): 1099-1111.

[32] 李忠炉. 黄渤海小黄花鱼、大头鳕和黄鮟鱇种群生物学特征的年际变化 [D]. 青岛: 中国科学院海洋所, 2011.

[33] 周志鹏, 金显仕, 单秀娟, 李忠炉, 戴芳群. 黄海中南部细纹狮子鱼的生物学特征及资源分布的季节变化. *生态学报*, 2012, 32(17): 5550-5561.

[34] 张波, 金显仕. 黄海鱼类功能群及其对浮游动物捕食的季节变化. *水产学报*, 2010, 34(4): 548-558.

[35] 万瑞景, 姜言伟. 黄海硬骨鱼类鱼卵、仔稚鱼及其生态调查研究. *海洋水产研究*, 1998, 19(1): 60-73.

[36] 张波, 唐启升. 渤、黄、东海高营养层次重要生物资源种类的营养级研究. *海洋科学进展*, 2004, 22(4): 393-404.

[41] 张学健, 沈伟, 李建生, 程家骅. 黄海南部和东海中北部黄鮟鱇数量分布及其与环境的关系. *海洋渔业*, 2010, 32(1): 59-65.

[43] 金显仕, Hamre J, 赵宪勇, 李富国. 黄海鳀鱼限额捕捞的研究. *中国水产科学*, 2001, 8(3): 27-30.

[44] 程家骅, 丁峰元, 李圣法, 严利平, 李建生, 梁振林. 夏季东海北部近海鱼类群落结构变化. *自然资源学报*, 2006, 21(5): 775-781.

[48] 费鸿年, 何宝全, 陈国铭. 南海北部大陆架底栖鱼群聚的多样性以及优势种区域和季节变化. *水产学报*, 1981, 5(1): 1-20.

[49] 唐启升, 叶懋中. 山东近海渔业资源开发与保护. 北京: 中国农业出版社, 1990: 117-119.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34 ,No.2 Jan. ,2014 (Semimonthly)
CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

Effects of soil texture on variations of paddy soil physical and chemical properties under continuous no tillage GONG Dongqin, LÜ Jun (239)

Evaluation of the landscape patterns vulnerability and analysis of spatial correlation patterns in the lower reaches of Liaohe River Plain SUN Caizhi, YAN Xiaolu, ZHONG Jingqiu (247)

Effects of light and dissolved oxygen on the phenotypic plasticity of *Alternanthera philoxeroides* in submergence conditions XU Jianping, ZHANG Xiaoping, ZENG Bo, et al (258)

A review of the relationship between algae and bacteria in harmful algal blooms ZHOU Jin, CHEN Guofu, ZHU Xiaoshan, et al (269)

Biodiversity and research progress on picophytoplankton in saline lakes WANG Jiali, WANG Fang (282)

Effects of ozone stress on major plant physiological functions LIE Ganwen, YE Longhua, XUE Li (294)

The current progress in rodents molecular phylogeography LIU Zhu, XU Yanchun, RONG Ke, et al (307)

The progress in ecosystem services mapping: a review ZHANG Liwei, FU Bojie (316)

Autecology & Fundamentals

Growth, and cationic absorption, transportation and allocation of *Elaeagnus angustifolia* seedlings under NaCl stress LIU Zhengxiang, ZHANG Huaxin, YANG Xiuyan, et al (326)

Leaf morphology and PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of *Sinosenecio jishouensis* in Different Habitats XIANG Fen, ZHOU Qiang, TIAN Xiangrong, et al (337)

Response of change of wheat LAI measured with LAI-2000 to the radiance WANG Yan, TIAN Qingjiu, SUN Shaojie, et al (345)

Effects of K⁺ and Cr⁶⁺ on larval development and survival rate of the acorn barnacle *Balanus reticulatus* HU Yufeng, YAN Tao, CAO Wenhao, et al (353)

Diffusion of colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, adults in field LI Chao, PENG He, CHENG Dengfa, et al (359)

Population, Community and Ecosystem

Seasonal variations in fish community structure in the Laizhou Bay and the Yellow River Estuary SUN Pengfei, SHAN Xiujuan, WU Qiang, et al (367)

Variations in fish community structure and diversity in the sections of the central and southern Yellow Sea SHAN Xiujuan, CHEN Yunlong, DAI Fangqun, et al (377)

Research on the difference in eutrophication state and indicator threshold value determination among lakes in the Southern Jiangsu Province, China CHEN Xiaohua, LI Xiaoping, WANG Feifei, et al (390)

Effect of tidal creek system on the expansion of the invasive *Spartina* in the coastal wetland of Yancheng HOU Minghang, LIU Hongyu, ZHANG Huabing (400)

The spatial and temporal variations of maximum light use efficiency and possible driving factors of Croplands in Jiangsu Province KANG Tingting, GAO Ping, JU Weimin, et al (410)

Simulation of summer maize yield influenced by potential drought in China during 1961—2010 CAO Yang, YANG Jie, XIONG Wei, et al (421)

Forest change and its impact on the quantity of oxygen release in Heilongjiang Province during the Past Century ZHANG Lijuan, JIANG Chunyan, MA Jun, et al (430)

Soil macro-faunal guild characteristics at different successional stages in the Songnen grassland of China	LI Xiaoqiang, YIN Xiuqin, SUN Lina (442)
Seasonal dynamics of soil microbial biomass in six forest types in Xiaoxing'an Mountains, China	LIU Chun, LIU Yankun, JIN Guangze (451)
Landscape, Regional and Global Ecology	
Variation of drought and regional response to climate change in Huang-Huai-Hai Plain	XU Jianwen, JU Hui, LIU Qin, et al (460)
Wind speed changes and its influencing factors in Southwestern China	ZHANG Zhibin, YANG Ying, ZHANG Xiaoping, et al (471)
Characteristics of soil carbon density distribution of the <i>Kobresia humilis</i> meadow in the Qinghai Lake basin	CAO Shengkui, CHEN Kelong, CAO Guangchao, et al (482)
Life cycle assessment of carbon footprint for rice production in Shanghai	CAO Liming, LI Maobai, WANG Xinqi, et al (491)
Research Notes	
Seasonal changes of ground vegetation characteristics under artificial <i>Caragana intermedia</i> plantations with age in desert steppe	LIU Rentao, CHAI Yongqing, XU Kun, et al (500)
The experimental study on trans-regional soil replacement	JIN Yinghua, XU Jiawei, QIN Lijie (509)
Sensitivity analysis of swat model on changes of landscape pattern: a case study from Lao Guanhe Watershed in Danjiangkou Reservoir Area	WEI Chong, SONG Xuan, CHEN Jie (517)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 34 卷 第 2 期 (2014 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 2 (January, 2014)

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 王如松

主 管 中国科学技术协会

主 办 中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂

发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局

国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号

许 可 证

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel: (010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Editor-in-chief WANG Rusong

Supervised by China Association for Science and Technology

Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China

Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China

