

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

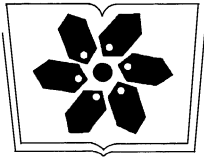
Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 17 期 Vol.33 No.17 **2013**

中国生态学会
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 33 卷 第 17 期 2013 年 9 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 植物角质层蜡质的化学组成研究综述 曾 琼, 刘德春, 刘 勇 (5133)
- 中国滨海盐沼湿地碳收支与碳循环过程研究进展 曹 磊, 宋金明, 李学刚, 等 (5141)

个体与基础生态

- 秸秆隔层对盐碱土水盐运移及食葵光合特性的影响 赵永敢, 逢焕成, 李玉义, 等 (5153)
- 盐地碱蓬二型性种子及其幼苗对盐渍环境的适应性 刘 艳, 周家超, 张晓东, 等 (5162)
- 不同抗旱性花生品种的根系形态发育及其对干旱胁迫的响应 丁 红, 张智猛, 戴良香, 等 (5169)
- 夏季苹果新梢生理指标与抗苹果绵蚜的关系 王西存, 周洪旭, 于 毅, 等 (5177)
- 花期海蓬子对盐胁迫的生理响应 刘伟成, 郑春芳, 陈 琛, 等 (5184)
- 白蜡多年卧孔菌生物学特性及驯化栽培 鲁 铁, 图力古尔 (5194)
- 重度火烧迹地微地形对土壤微生物特性的影响——以坡度和坡向为例
..... 白爱芹, 傅伯杰, 曲来叶, 等 (5201)
- 秸秆还田与施肥对稻田土壤微生物生物量及固氮菌群落结构的影响 刘骁蓓, 涂仕华, 孙锡发, 等 (5210)
- 大穗型小麦叶片性状、养分含量及氮素分配特征 王丽芳, 王德轩, 上官周平 (5219)
- 复合不育剂 EP-1 对小鼠空间记忆与焦虑行为的影响 王晓佳, 秦婷婷, 胡 霞, 等 (5228)

种群、群落和生态系统

- 小兴安岭阔叶红松混交林林隙特征 刘少冲, 王敬华, 段文标, 等 (5234)
- 高寒矮嵩草群落退化演替系列氮、磷生态化学计量学特征 林 丽, 李以康, 张法伟, 等 (5245)
- 中亚热带人工针叶林生态系统碳通量拆分差异分析 黄 昆, 王绍强, 王辉民, 等 (5252)
- 高寒山区一年生混播牧草生态位对密度的响应 赵成章, 张 静, 盛亚萍 (5266)
- 乳山近海大型底栖动物功能摄食类群 彭松耀, 李新正 (5274)

景观、区域和全球生态

- 采伐干扰对大兴安岭落叶松-苔草沼泽植被碳储量的影响 牟长城, 卢慧翠, 包 旭, 等 (5286)
- 西南喀斯特地区轮作旱地土壤 CO₂ 通量 房 彬, 李心清, 程建中, 等 (5299)
- 干湿季节下基于遥感和电磁感应技术的塔里木盆地北缘绿洲土壤盐分的空间变异性
..... 姚 远, 丁建丽, 雷 磊, 等 (5308)
- 东北温带次生林和落叶松人工林土壤 CH₄ 吸收和 N₂O 排放通量 孙海龙, 张彦东, 吴世义 (5320)
- 新疆东部天山蝶类多样性及其垂直分布 张 鑫, 胡红英, 吕昭智 (5329)
- 玉米农田空气动力学参数动态及其与影响因子的关系 蔡 福, 周广胜, 明惠青, 等 (5339)

天山北坡家庭牧场复合系统对极端气候的响应过程..... 李西良,侯向阳,丁 勇,等 (5353)

大城市边缘区景观破碎化空间异质性——以北京市顺义区为例..... 李 灿,张凤荣,朱泰峰,等 (5363)

资源与产业生态

基于 GLBM 模型的中国大陆阿根廷滑柔鱼鱿钓渔业 CPUE 标准化 陆化杰,陈新军,曹 杰 (5375)

三峡库区古夫河水质时空分异特征..... 冉桂花,葛继稳,苗文杰,等 (5385)

城乡与社会生态

汉、藏、回族地区农户的环境影响——以甘肃省张掖市、甘南藏族自治州、临夏回族自治州为例.....

..... 赵雪雁,毛笑文 (5397)

研究简报

中国近海浮游动物群落结构及季节变化..... 杜明敏,刘镇盛,王春生,等 (5407)

海洋污染物对菲律宾蛤仔的免疫毒性..... 丁鉴锋,闫喜武,赵力强,等 (5419)

衰亡期沉水植物对水和沉积物磷迁移的影响..... 王立志,王国祥 (5426)

伊洛河流域外来草本植物分布格局..... 郭屹立,丁圣彦,苏 思,等 (5438)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 32 * 2013-09



封面图说: 帽儿山次生林林相——帽儿山属于长白山山脉的张广才岭西坡,松花江南岸支流阿什河的上游,最高海拔 805m,由侏罗纪中酸性火山岩构成,是哈尔滨市附近的最高峰,因其貌似冠状而得名。东北林业大学于 1958 年在此建立了实验林场。山上生长着松树、榆树、杨树及各种灌木等,栖息着山鸡、野兔等野生动物,在茂密的草地上还生长有各种蘑菇。其地带性植被为温带针阔混交林,目前状况为天然次生林。部分地方次生林转变为落叶松人工林后,落叶松林地的凋落物层影响了林地土壤水分的格局。

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

DOI: 10.5846/stxb201206080828

杜明敏, 刘镇盛, 王春生, 张东声, 章菁. 中国近海浮游动物群落结构及季节变化. 生态学报, 2013, 33(17): 5407-5418.

Du M M, Liu Z S, Wang C S, Zhang D S, Zhang J. The seasonal variation and community structure of zooplankton in China sea. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(17): 5407-5418.

中国近海浮游动物群落结构及季节变化

杜明敏^{1,2}, 刘镇盛^{1,2,*}, 王春生^{1,2}, 张东声^{1,2}, 章菁^{1,2}

(1. 国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012; 2. 国家海洋局海洋生态系统与生物地球化学重点实验室, 杭州 310012)

摘要: 2006 年 7—8 月、12 月—2007 年 2 月、2007 年 4—5 月、2007 年 10—12 月, 对中国近海进行了 4 个航次生物、化学和水文等专业综合调查。根据采集的浮游动物样品分析鉴定结果, 对中国近海浮游动物群落结构、种类组成及优势种的季节变化进行研究。结果表明, 中国近海浮游动物有 1330 种, 隶属于 7 门 19 大类群, 浮游幼体 47 类, 其中, 节肢动物为最优势类群, 有 782 种, 占 58.80%, 其次为刺胞动物, 有 324 种, 占 24.36%。在浮游动物群落结构中, 4 个海区均以桡足类和水母类的种类和数量占绝对优势。中国近海 4 个海区浮游动物种类数有明显季节变化, 渤海和黄海, 浮游动物种类数夏、秋季多于春、冬季; 东海和南海, 浮游动物种类数春、夏季多于秋、冬季。中国近海浮游动物群落大体可划分为 6 个主要生态类群: 近岸低盐类群、低温高盐类群、高温高盐类群、低温广盐类群、高温广盐类群和广温广盐类群。结合同步调查的其它生物、水文、化学环境参数的分析结果, 对中国近海浮游动物群落种类丰度与环境因子进行生物与环境变量关系分析, 结果表明, 浮游动物群落结构与水温、盐度、水深、溶解氧、硝酸盐和 pH 存在明显相关关系。水温和盐度是影响浮游动物群落结构最重要的两个环境因子。

关键词: 中国近海; 浮游动物; 群落结构; 季节变化

The seasonal variation and community structure of zooplankton in China sea

DU Mingmin^{1,2}, LIU Zhensheng^{1,2,*}, WANG Chunsheng^{1,2}, ZHANG Dongsheng^{1,2}, ZHANG Jing^{1,2}

1 Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China

2 Key Laboratory of Marine Ecosystem and Biogeochemistry, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China

Abstract: The seasonal variations of zooplankton community structure and species composition were studied based on the samples collected from four research cruises in China seas from July 2006 to December 2007. The results showed that a total of 1330 species of zooplankton belonging to 19 groups in 7 phyla, together with 47 types of pelagic larvae were identified in the China seas. The 7 phyla included Cnidaria, Ctenophora, Annelida, Mollusca, Arthropoda, Chaetognatha and Urochordata. The most dominant group of zooplankton is Arthropoda, including 782 species and accounting for 58.80%. Cnidaria ranks second with a total of 324 species, accounting for 24.36% of total species. Copepods and Medusae were the most dominant groups in numbers of species and abundance in the community structure of zooplankton in China seas.

There was considerable seasonal variation in the community structure of zooplankton in China seas. There were more zooplankton species in summer and autumn than in spring and winter in the Bohai Sea and the Yellow Sea, and more zooplankton species in summer and spring than in autumn and winter in the East China Sea and the South China Sea. There were seasonal changes in numbers of pelagic larvae in China seas, with the highest number in autumn, followed by summer, spring and winter. The zooplankton communities in China seas might be divided into 6 ecological groups, which were coastal brackish water group, hypothermal hypersaline group, hyperthermal hypersaline group, hypothermal euryhaline group,

基金项目: 中国海洋公益性项目(201005015); 国际海域资源调查与开发“十二五”课题(DY125-11-E-03; DY125-14-E-01); 我国近海海洋综合调查与评价项目(908-ZC-I-02)

收稿日期: 2012-06-08; 修订日期: 2013-04-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhenshliu@yahoo.com.cn

hyperthermal euryhaline group and eurythermal euryhaline group, respectively. The correlation between community structure of zooplankton and main environmental factors were analyzed. Statistic analysis showed that there were significant correlations between zooplankton community structure and environmental factors such as temperature, salinity, water depth, dissolved oxygen, nitrate and pH. The most important environmental factors that influenced the changes of zooplankton community structure in China seas were water temperature and salinity.

Key Words: China seas; zooplankton; community structure; seasonal variation

中国海为北太平洋西部的边缘海,跨越了温带、亚热带和热带 3 个气候带,受沿岸流、黄海冷水团、黑潮暖流等水系的共同作用和影响,海洋浮游动物的物种多样性非常丰富。浮游动物是海洋的次级生产者,其种类组成、数量分布以及群落结构变动直接或间接制约初级生产力水平,在海洋生态系统的结构和功能中具有重要的调控作用。20 世纪 50 年代以来,我国近海开展了多次大型的海洋综合调查工作,其中海洋生物与生态的调查是必不可少的内容。开展我国近海海洋浮游动物的调查研究,将有助于对海洋浮游动物的时空分布和变化规律的认识,为我国海洋生态学研究、海洋生物资源的持续开发利用提供科学依据。中国近海浮游动物的研究已有大量的报道,其中,对中国近海浮游动物多样性研究^[1],阐明了中国海洋浮游生物的现状及其发展前景;有关渤海、黄海、东海、南海四大海域的浮游动物群落生态和时空分布的研究^[2-12],揭示各个海区的种类组成和群落特征;此外,有关中国专属经济区浮游动物也有较系统的研究报道^[13],但已报道的研究结果基本局限于近海单一海区或中尺度海域,对中国近海全海区大尺度的浮游动物群落结构及季节变化的研究,未见系统报道。本文根据“我国近海海洋综合调查与评价”908 专项调查的结果,报道中国近海浮游动物群落结构及季节变化,探讨浮游动物群落结构变化与环境的关系,为中国近海的海洋生物多样性研究、海洋生态研究与海洋生态环境评价提供基础资料及科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域和分析方法

本研究海域包括渤海、黄海、东海和南海 4 个海区。2006 年 7—8 月(夏季)、2006 年 12 月—2007 年 2 月(冬季)、2007 年 4—5 月(春季)和 2007 年 10—12 月(秋季)对中国近海浮游动物等多个学科进行 4 个航次的综合调查,研究海域共设 930 个观测站(图 1)。用装有进口流量计(德国 HYDRO-BIOS 公司-生物网口流量计 E-Flow)的大型浮游生物网(网口内径 80cm,网长 280cm,筛绢孔径为 505 μm ;采集水深>30m 的浮游动物样品)或浅水 I 型浮游生物网(网口内径 50cm,网长 145cm,筛绢孔径为 505 μm ;采集水深<30m 的浮游动物样品),从底层至表层垂直拖网采集浮游动物样品。

水深>200m 时,从 200m 至表层。垂直拖网采集的样品立即装入塑料样品瓶,加入体积分数 5%的甲醛溶液固定保存,带回实验室分析。在室内挑去杂质后,用湿重法称量浮游动物生物量,然后,在体视显微镜下对浮游动物样品进行分类鉴定和计数。海上调查采样及实验室分析鉴定方法均按《海洋生物生态调查技术规程》^[14]的规定执行。在采集生物样品的同时,对水体叶绿素 a(Chl a)、水温(T)、盐度(S)、水深(D)、硝酸盐(NO_3^-)、亚硝酸盐(NO_2^-)、氨氮(NH_4^+)、磷酸盐(PO_4^{3-})、硅酸盐(SiO_3^{2-})、溶解氧(DO)、pH 等参数进行了同步观测,其采样和分析均按《海洋生物生态调查技术规程》^[14]、《海洋化学调查技术规程》^[15]和《海洋水文气象调查技术规程》^[16]的相关规定实施,由总项目其他相关专业组分析研究。

由于 908 专项调查海域广、航次多,参加生物鉴定分析人员复杂,因此,对已获得的调查数据分析处理过程进行严格的质量控制。对浮游动物分析数据,应用 Excel 软件,根据统一标准数据格式整编,进行严格审核,以确保数据的可靠性。在浮游动物同种异名的问题上,参考《中国海洋生物名录》^[17]、《中国海洋生物种类与分布(增订版)》^[18-21]和世界海洋生物多样性注册网站数据库等进行同化处理,力求调查数据的真实性和准确性。

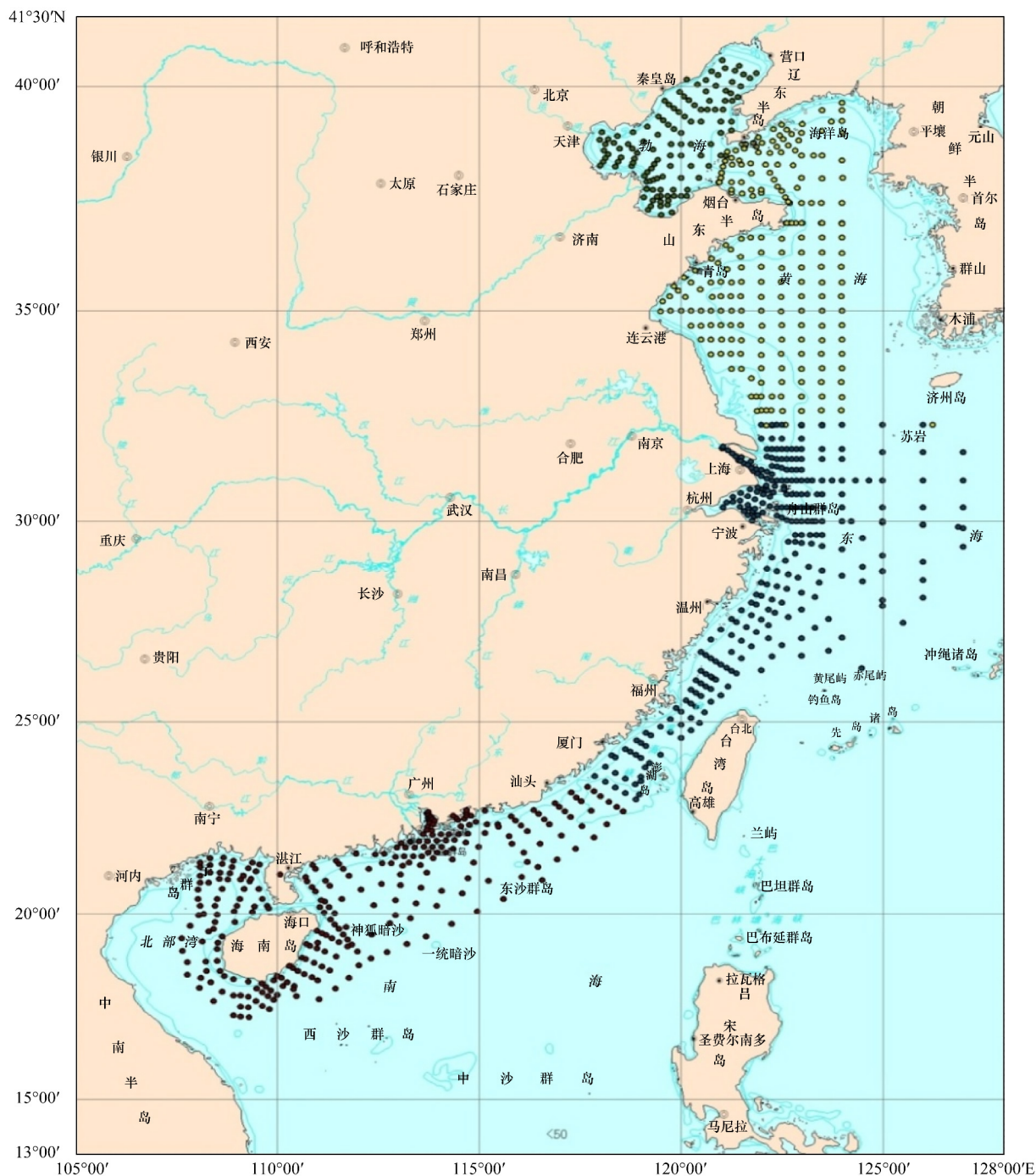


图 1 中国近海海洋生物与生态调查站位图 (2006-07—2007-12)^[21]

Fig.1 Investigation stations of marine biology and ecology in China sea (2006-07—2007-12)

1.2 数据分析

浮游动物丰度的计算公式:

$$N = n/V$$

式中, N 为单位体积海水中浮游动物个体数 (个/ m^3), V 为采集浮游动物样品过滤海水体积 (m^3), n 为样品鉴定计数所获得的所有浮游动物个体数。

应用 PRIMER6.0 软件包中的 BIOENV 程序分析中国近海浮游动物丰度与其它环境因子间的关系。BIOENV 程序是将浮游动物的丰度和环境因子的数据输入软件形成原始矩阵,对非生物数据本身进行分析,再将所得的多元图形与生物数据加以比较,两个图形的匹配程度反映环境矩阵对生物矩阵的解释程度,就可找出生物数据形成最佳匹配的一个环境变量子集^[19]。本研究分析选用的主要变量:叶绿素 a、水温、盐度、水深、硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮、磷酸盐、硅酸盐、溶解氧、pH。

2 结果

2.1 中国近海浮游动物群落结构组成及季节变化

研究表明,中国近海 4 个季节共鉴定出浮游动物 7 门 19 大类群,1330 种,浮游幼体 47 类。浮游动物群落中,桡足类为最优势类群,有 364 种,占浮游动物总种数的 27.37%;水母类(包括刺胞动物门和栉水母动物门)有 336 种,占浮游动物总种数的 25.26%;节肢动物门中有端足类 148 种,糠虾类 67 种,磷虾类 36 种,十足类 41 种,介形类 87 种,枝角类 27 种,连虫类 11 种,等足类 1 种;软体动物 62 种;环节动物多毛类 52 种;毛颚动物 36 种;尾索动物 62 种(表 1)。

分析表明,中国近海不同季节浮游动物群落组成较相似,水母类、桡足类、端足类、介形类、毛颚动物、尾索动物为优势类群,其种类数合计占浮游动物种类数 75% 以上。不同季节各类群的组成有差异,浮游动物种类数有明显季节变化:夏季>春季>秋季>冬季(表 1)。春季、夏季,水温适宜,有利于浮游动物生长繁殖,浮游动物种类丰富,分别为 930 种和 998 种,占中国近海全年出现浮游动物种类数的 69.92% 和 75.04%。秋季,随着水温逐渐下降,浮游动物种类逐渐减少,为 889 种,占全年出现浮游动物种类数的 66.84%。冬季,浮游动物种类丰富度明显低于其它三季,为 838 种,占全年出现浮游动物种类数的 63.01%。

表 1 中国近海浮游动物群落组成及季节变化(2006-07—2007-12)

Table 1 The seasonal variation and composition of zooplankton community in China sea (2006-07—2007-12)

门类 Community	类群 Groups	春 Spring		夏 Summer		秋 Autumn		冬 Winter		全年 Year	
		种数 Number	%	种数 Number	%	种数 Number	%	种数 Number	%	种数 Number	%
刺胞动物 Cnidaria	水螅水母 Hydroidomedusa	134	14.41	169	16.93	125	14.06	143	17.06	247	18.57
	管水母类 Siphonophorae	53	5.70	50	5.01	46	5.17	50	5.97	65	4.89
	钵水母类 Scyphozoa	7	0.75	7	0.70	5	0.56	3	0.36	12	0.90
栉水母动物 Ctenophora	栉水母类 Cydippida	7	0.75	8	0.80	8	0.90	8	0.95	12	0.90
环节动物 Annelida	多毛类 Polychaeta	30	3.23	35	3.51	24	2.70	14	1.67	52	3.91
软体动物 Mollusca	腹足类 Gastropoda	45	4.84	51	5.11	43	4.84	41	4.89	59	4.44
	头足类 Cephalopoda	2	0.22	3	0.30	1	0.11	1	0.12	3	0.23
	枝角类 Branchiopoda	16	1.72	17	1.70	13	1.46	6	0.72	27	2.03
节肢动物 Arthropoda	桡足类 Copepoda	281	30.22	288	28.86	283	31.83	260	31.03	364	27.37
	介形类 Ostracota	64	6.88	58	5.81	59	6.64	44	5.25	87	6.54
	糠虾类 Mysida	36	3.87	47	4.71	39	4.39	38	4.53	67	5.04
	端足类 Amphipoda	117	12.58	104	10.42	105	11.81	98	11.69	148	11.13
	涟虫类 Cumacea	6	0.65	5	0.50	9	1.01	5	0.60	11	0.83
	等足类 Isopoda			1	0.10	1	0.11			1	0.08
	磷虾类 Euphausiacea	33	3.55	33	3.31	26	2.92	32	3.82	36	2.71
	十足类 Decapoda	25	2.69	34	3.41	28	3.15	23	2.74	41	3.08
毛颚动物 Chaetognatha	箭虫纲 Sagittoidea	25	2.69	29	2.91	34	3.82	28	3.34	36	2.71
尾索动物 Urochordata	有尾类 Appendiculata	22	2.37	24	2.40	16	1.80	18	2.15	27	2.03
	海樽 Thaliacea	27	2.90	35	3.51	24	2.70	26	3.10	35	2.63
合计 Ttotal		930		998		889		838		1330	100
浮游幼体 Pelagic larva		39		42		44		35		47	

2.2 4 个海区浮游动物群落结构及季节变化

2.2.1 春季

春季,随着水温逐渐上升,不同海区浮游动物类群的组成有明显差异(图 2)。从中高纬度向低纬度,浮游动物物种多样性逐渐升高。渤海共鉴定出浮游动物 8 大类群,21 种,浮游幼体 4 类,浮游动物主要类群为水母类(5 种)、桡足类(6 种)和磷虾类(4 种)。黄海共鉴定出浮游动物 16 大类群,90 种,浮游幼体 18 类,浮游动物主要类群为水母类(28 种)、桡足类(28 种)和糠虾类(10 种)。东海共鉴定出浮游动物 17 大类群,537 种,浮游幼体 34 类,浮游动物群落主要类群为水母类(112 种)、桡足类(200 种)和端足类(48 种)。南海共鉴定出浮游动物 18 大类群,778 种,浮游幼体 31 类,浮游动物群落主要类群为水母类(175 种)、桡足类(232 种)和端足类(101 种)。

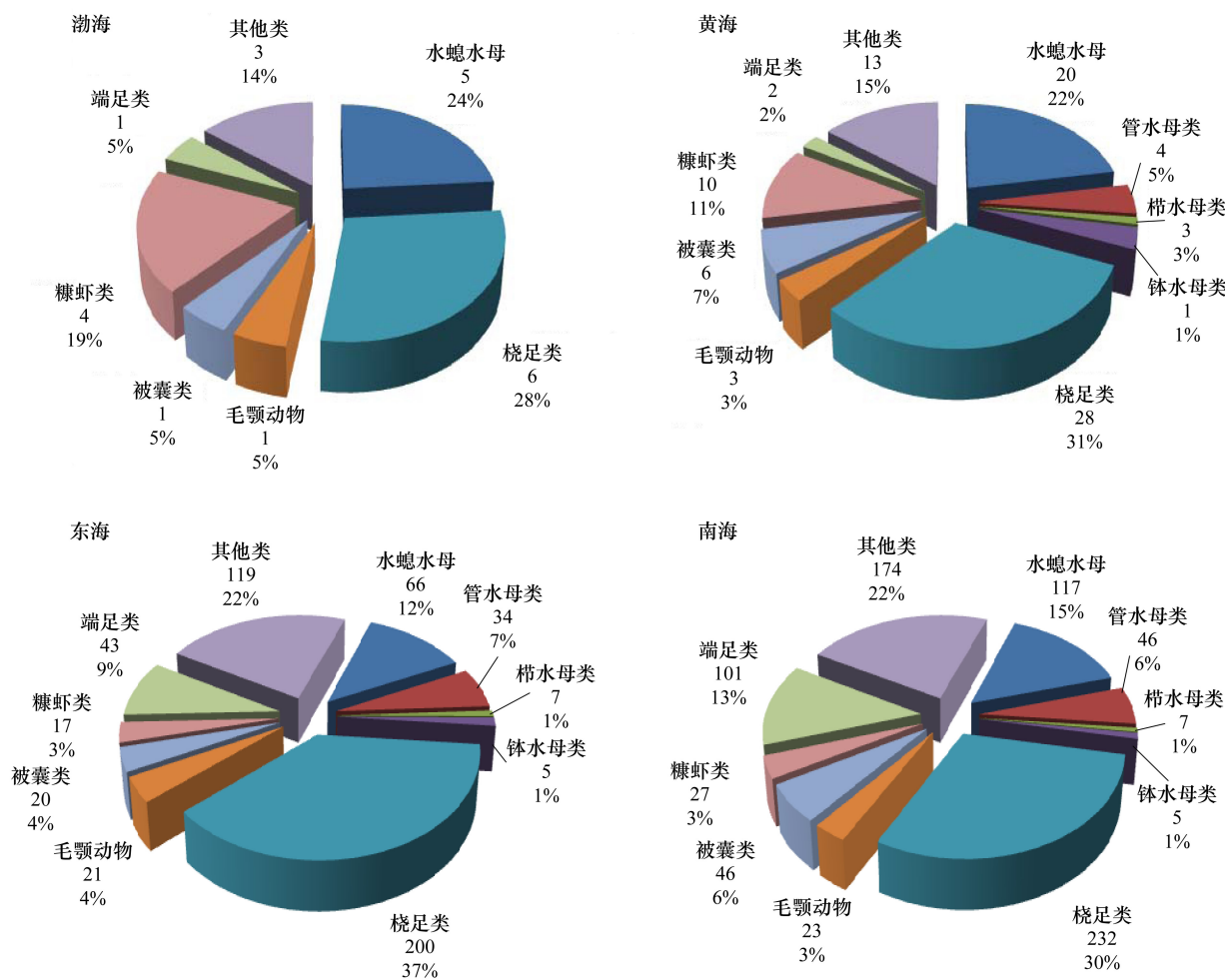


图 2 春季中国近海浮游动物群落类群组成 (2007-04—2007-05)

Fig.2 The group composition of zooplankton community of the China Sea in spring (2007-04—2007-05)

2.2.2 夏季

夏季,渤海共鉴定出浮游动物 9 大类群,59 种,浮游幼体 16 类,浮游动物群落主要类群为水母类(25 种)、桡足类(16 种)和糠虾类(6 种)。黄海共鉴定出浮游动物 16 大类群,130 种,浮游幼体 22 类,浮游动物群落主要类群为水母类(57 种)、桡足类(30 种)和糠虾类(11 种)。东海共鉴定出浮游动物 18 大类群,532 种,浮游幼体 35 类,浮游动物群落主要类群为水母类(82 种)、桡足类(212 种)和端足类(44 种)。南海共鉴定出浮游动物 18 大类群,832 种,浮游幼体 40 类。浮游动物群落主要类群为水母类(208 种)、桡足类(242 种)和端足类(88 种)(图 3)。

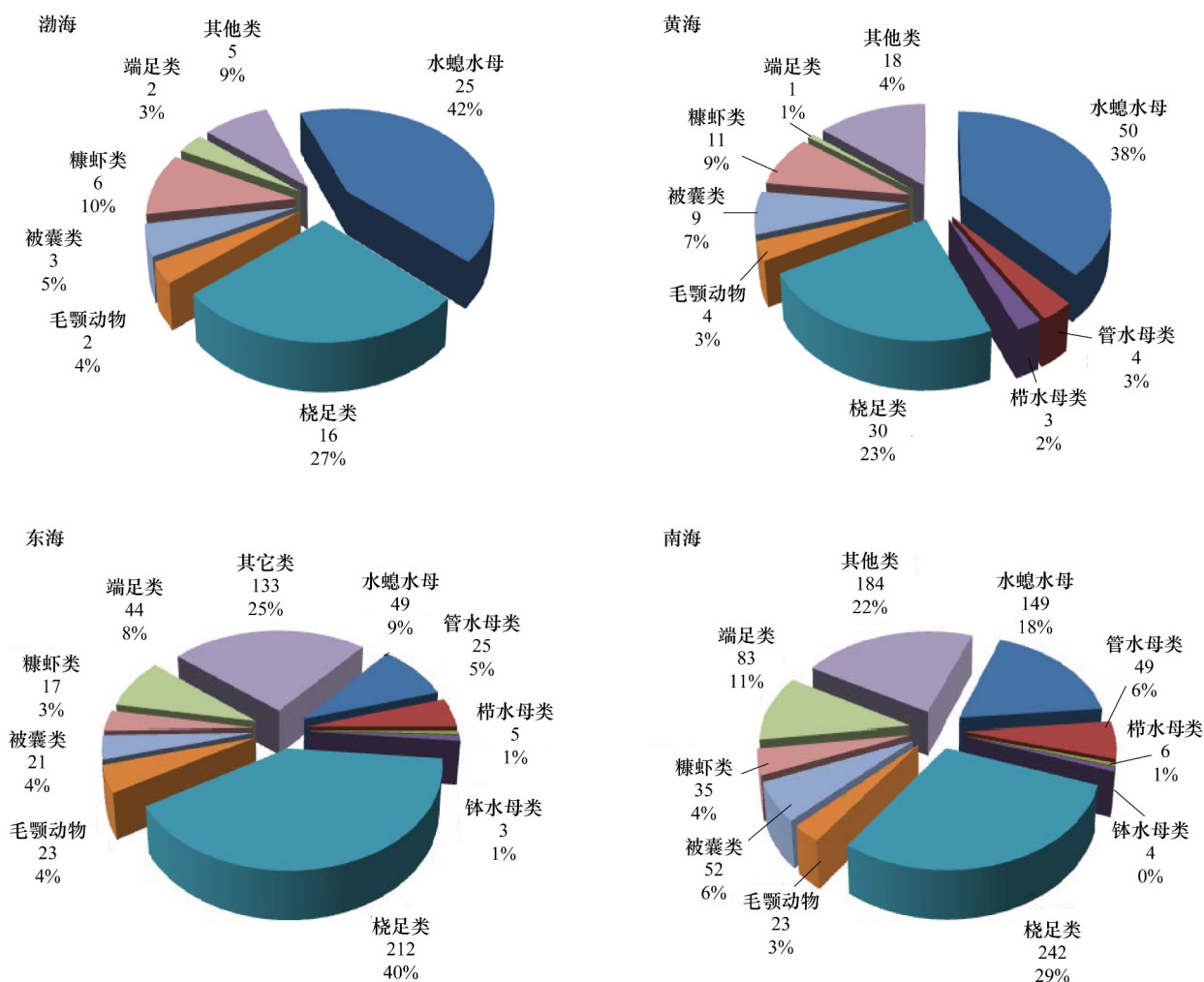


图3 夏季中国近海浮游动物群落类群组成 (2006-07—2006-08)

Fig.3 The group composition of zooplankton community of the China Sea in summer (2006-07—2006-08)

2.2.3 秋季

秋季,渤海共鉴定出浮游动物 12 大类群,39 种,浮游幼体 9 类。浮游动物群落主要类群为水母类(17 种)、桡足类(9 种)、糠虾类(3 种)、毛颚动物(3 种)和被囊类(3 种)。黄海共鉴定出浮游动物 17 大类群,131 种,浮游幼体 25 类。浮游动物群落主要类群为水母类(46 种)、桡足类(46 种)和糠虾类(9 种)。东海共鉴定出浮游动物 439 种,18 大类群,浮游幼体 35 类。浮游动物群落主要类群为水母类(81 种)、桡足类(170 种)和端足类(46 种)。南海共鉴定出浮游动物 729 种,18 大类群,浮游幼体 34 类。浮游动物群落主要类群为水母类(162 种)、桡足类(237 种)和端足类(80 种)(图 4)。

2.2.4 冬季

冬季,随着水温下降及北方寒流的频繁影响,四个海区浮游动物物种多样性均明显下降。渤海共鉴定出浮游动物 8 大类群,22 种,浮游幼体 3 类,浮游动物主要类群为桡足类(7 种)、糠虾类(5 种)、水母类(2 种)、端足类(2 种)和毛颚动物(2 种)。黄海共鉴定出浮游动物 15 大类群,91 种,浮游幼体 19 类,浮游动物主要类群为水母类(29 种)、桡足类(28 种)和糠虾类(6 种)。东海共鉴定出浮游动物 18 大类群,388 种,浮游幼体 25 类。浮游动物主要类群为水母类(76 种)、桡足类(169 种)和端足类(27 种)。南海共鉴定出浮游动物 17 大类群,742 种,浮游幼体 28 类,浮游动物主要类群为水母类(186 种)、桡足类(228 种)和端足类(86 类)(图 5)。

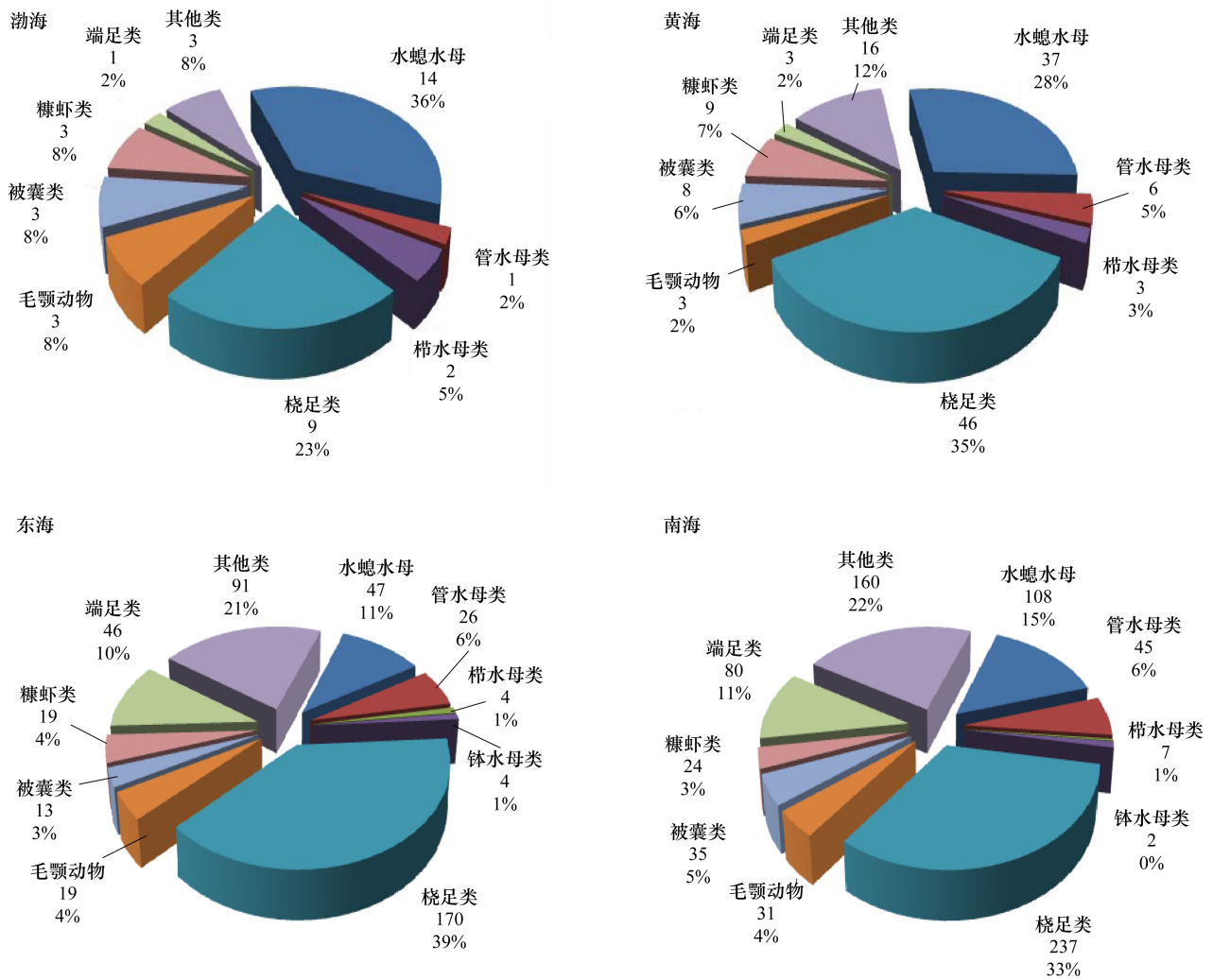


图 4 秋季中国近海浮游动物群落类群组成 (2007-10—2007-12)

Fig.4 The group composition of zooplankton community of the China Sea in autumn (2007-10—2007-12)

2.3 浮游动物群落生态类群

中国近海南北跨度大,不同水文、地理环境对浮游动物群落分布产生重要影响,浮游动物生态习性呈多样化,根据浮游动物群落中不同种类对温度、盐度的适应能力及地理分布特点,参考《海洋浮游生物学》等专著^[13,20],将中国近海浮游动物群落大致划分为以下 6 个主要生态类群:

(1) 近岸低盐类群 其分布范围从渤海、黄海、东海到南海沿岸水域,包括部分浮游动物低盐河口种,种类和数量非常丰富。主要代表种:真刺唇角水蚤 (*Labidocera euchaeta*)、腹针胸刺水蚤 (*Centropages abdominalis*)、中华假磷虾 (*Pseudeuphausia sinica*)、强壮滨箭虫 (*Aidanosagitta crassa*) 等。

(2) 低温高盐类群 主要分布在渤海海峡以东、黄海中部和北部海域,其种类数较少。如:太平洋磷虾 (*Euphausia pacifica*)、细足法虫戎 (*Themisto gracilipes*) 等。

(3) 高温高盐类群 主要分布于东海受暖流影响较大混合海域、东海和南海外海海域,其种类和数量丰富。代表种如:伯氏平头水蚤 (*Candacia bradyi*)、鼻锚哲水蚤 (*Rhincalanus nasutus*)、海洋真刺水蚤 (*Euchaeta marina*)、肥胖软箭虫 (*Flaccisagitta enflata*) 等。

(4) 低温广盐类群 主要分布于黑潮锋面及黑潮分支以东的暖流海区 and 南海水体深层,种类较多,数量少。代表种有双毛纺锤水蚤 (*Acartia bifilosa*)、尖额谐猛水蚤 (*Euterpina acutifrons*)、孔雀唇角水蚤 (*Labidocera pavo*)、等刺拟浮莹 (*Paraconchoecia aequiseta*) 等。

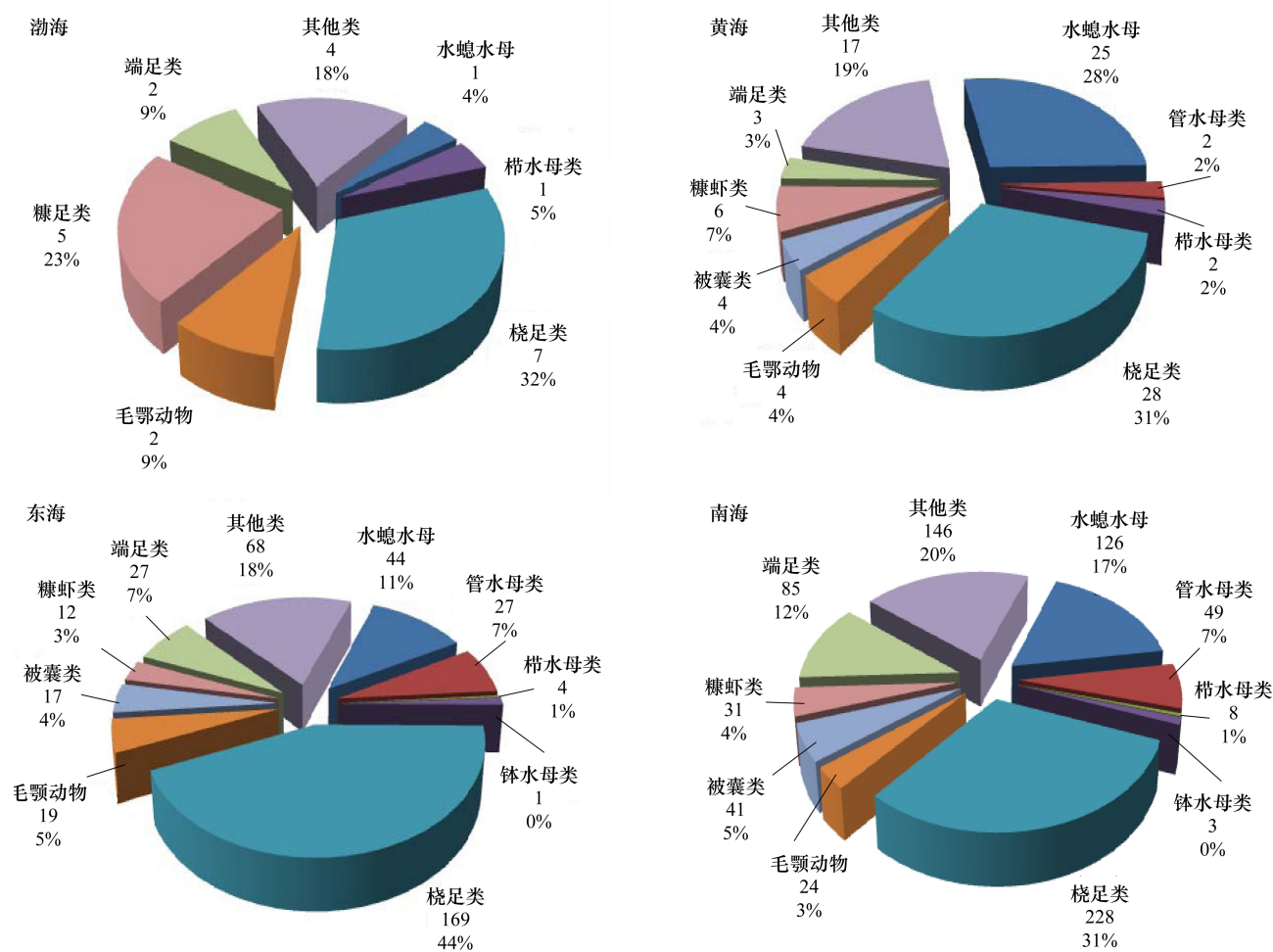


图 5 冬季中国近海浮游动物群落类群组成 (2006-12—2007-02)

Fig.5 The group composition of zooplankton community of the China Sea in winter (2006-12—2007-02)

(5) 高温广盐类群 主要分布于受西北太平洋暖流影响较大的东海和南海海域,数量稀少,但分布广。代表种有锦丽哲水蚤(*Calocalanus pavoninus*)、左突唇角水蚤(*Labidocera sinilobata*)、汤氏长足水蚤(*Calanopia thompsoni*)、晶桡水蚤(*Copilia vitrea*)等。

(6) 广温广盐类群 广泛分布于中国近海陆架交汇混合水域,四个不同季节均有出现,其种类和数量很丰富。代表种有中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、亚强次真哲水蚤(*Subeucalanus subcrassus*)、小拟哲水蚤(*Paracalanus parvus*)、普通波水蚤(*Undinula vulgaris*)等。

2.4 浮游动物群落结构与环境因子关系分析

应用 PRIMER 6.0 软件中的 BIOENV 程序,对中国近海浮游动物种类丰度与叶绿素 a(Chla)、水温(T)、盐度(S)、水深(D)、硝酸盐(NO_3^-)、亚硝酸盐(NO_2^-)、氨氮(NH_4^+)、磷酸盐(PO_4^{3-})、硅酸盐(SiO_3^{2-})、溶解氧(DO)、pH 等环境因子进行生物与环境变量关系分析。结果表明,浮游动物群落结构主要与水温、盐度、水深、溶解氧、硝酸盐等存在相关关系,但在不同季节存在差异(表 2)。

3 讨论

3.1 中国近海浮游动物群落结构变化

中国近海纬度跨度大,受陆源径流、沿岸流、黑潮暖流等水系共同影响和作用,海洋生态环境复杂,直接或间接影响浮游动物群落种类组成及季节变化,浮游动物群落结构呈现复杂多样性^[21-26]。

表 2 中国近海浮游动物群落与环境因子相关性分析

Table 2 The analysis of relationship between zooplankton community structure and environment factors in China sea

季节 Season	变量数目 Variable number	相关性(ρ) Correlation (ρ)	选择变量 Select variables
春季 Spring	2	0.742	水温、盐度
	3	0.712	水温、盐度、 NH_4^+
	3	0.712	水温、盐度、pH
夏季 Summer	3	0.510	水温、盐度、水深
	4	0.482	水温、盐度、水深、 NO_3^-
	2	0.476	水温、水深
秋季 Autumn	3	0.599	水温、盐度、水深
	4	0.59	水温、盐度、水深、pH
	5	0.582	水温、盐度、水深、 SiO_3^{2-} 、pH
冬季 Winter	2	0.627	水温、盐度
	3	0.571	水温、盐度、DO
	3	0.571	水温、盐度、水深

据研究报道,在全球部分海域,出现水母类暴发及其多样性上升,海洋生态系统出现全球性胶质化现象^[30],浮游动物水母类数量和多样性的变化与全球气候变暖密切相关^[27-30]。研究表明,中国近海浮游动物群落种类数增加,多样性上升,群落结构发生了一定的变化,水母类物种多样性明显上升^[21]。渤海水母种类数在夏季(25种,图2)、秋季(17种,图3)浮游动物群落结构中均为第一大类群,黄海夏季浮游动物群落组成中,水母种类数(57种)超过桡足类种类数(图2),种类数在浮游动物群落中列首位。本研究与20世纪90年代末期历史资料^[13]比较结果表明,水母类种类数,南海从113种增加到297种,东海从113种增加到168种,渤、黄海虽然缺少直接可比数据,但水母种类数升高是毋庸置疑的,中国近海水母种类和数量明显增加,与全球气候变暖及海洋环境变化有关。

在浮游动物群落中,东海、南海桡足类种类数的优势地位未改变。在春、夏、秋、冬季中,东海桡足类的种类分别为200、212、170和169种,在四季浮游动物群落组成中均列首位(图2—图5),但随着群落中水母物种多样性的上升,桡足类种类数在浮游动物中所占的比例有所下降。南海,春、夏、秋冬季桡足类的种类数分别达232、242、237和228种,在四季浮游动物群落结构组成中,均占最优势地位(图2—图5)。渤海、黄海夏季,桡足类种类数虽然少于水母类种类数(图3),但桡足类丰度在浮游动物总丰度中最优势的地位未改变^[21]。气候的变化影响着海洋环境,致使海洋生物的分布范围发生变化,出现暖水性生物分布区扩大,冷水性生物分布区缩小以及物种北移的现象^[31-32]。在浮游动物群落结构中,部分暖水性种,如:小齿海樽 *Doliolum denticulatum* 等的分布边界出现北移现象,成为黄海北部秋季优势种,对黄海北部海区浮游动物群落组成产生季节性影响^[21],其他类群的种类数虽有季节变化,但在群落中所占的比例及地位变化不明显(表1)。

3.2 浮游动物群落结构与环境因子关系分析

浮游动物群落结构及季节变化与水文、化学等其它环境因子密切相关。浮游动物群落结构与环境因子相关分析表明,温度和盐度是影响浮游动物群落结构最重要环境因子,这与渤海、黄海、东海等海域大量相关研究报道的结果一致^[21-26]。

研究表明,水温和盐度是解释春季浮游动物群落结构最佳环境因子组合($\rho=0.742$), NH_4 和pH也是浮游动物群落的主要影响因子(表2)。春季,水温的回升,促进浮游动物的生长繁殖,浮游动物种类回升。由于中国近海跨度大,水温从南到北逐渐降低,浮游动物群落种类数也随着纬度升高呈明显递减趋势,南海、东海、黄海、渤海浮游动物种类数分别为778、537、90、21种,表明浮游动物种类数与水温密切相关(图2)。盐度对浮游动物群落组成产生一定的影响,随着沿岸陆源径流逐渐增多,在长江、珠江等河口冲淡水混合海域,分布着近岸低盐性浮游动物种类(如:真刺唇角水蚤、腹针胸刺水蚤等),广温广盐类群(中华哲水蚤、亚强次真哲水

蚤等)浮游动物也日渐增多,另外,东海区黑潮暖流和台湾暖流势力逐渐增强^[26],出现部分浮游动物外海高温高盐种类(如:伯氏平头水蚤、鼻锚哲水蚤等),不同生态类群浮游动物在近海不同水域出现频率上升,因此,春季中国近海浮游动物群落种类逐渐增多,达 930 种(表 1)。

夏季,水温、盐度和水深是解释浮游动物群落结构的最佳环境因子组合($\rho=0.510$), NO_3 也是影响浮游动物群落结构的主要因子(表 2)。夏季,随着水温升高,长江、黄河、珠江等陆源径流进入丰水期,入海径流量达全年峰值,由于陆源径流带来丰富营养物质,浮游植物生长代谢速率高,对硝酸盐需求增加,而浮游动物是浮游植物的主要消费者,因此,浮游动物种类丰度与硝酸盐呈现相关性(表 2)。长江、珠江、黄河等河口海域,浮游动物低盐性种类(如:真刺唇角水蚤、中华假磷虾等)分布范围向外扩展,外海暖流入侵势力强盛,带来大量高温高盐性外海种类(如:伯氏平头水蚤、海洋真刺水蚤等),而黄海冷水团聚集一些低温高盐种类(太平洋磷虾、细足法虫戎等),浮游动物群落结构组成丰富,物种多样性高,中国近海浮游动物群落种类数夏季出现四季峰值,达 998 种(表 1)。浮游动物群落种类数也随着纬度升高呈明显递减趋势,南海、东海、黄海、渤海浮游动物种类数分别为 832、532、130、59 种(图 3)。

秋季,水温、盐度和水深是解释浮游动物群落结构最佳环境因子组合($\rho=0.599$), SiO_3 和 pH 对浮游动物群落结构也有一定影响(表 2)。秋季,随着水温下降,沿岸陆源径流逐渐减少,水体营养盐浓度下降,浮游植物的生长代谢速率降低,影响浮游动物的摄食和生长繁殖,因此,浮游动物群落结构与硅酸盐呈相关性。台湾暖流、黑潮等外海暖流势力仍维持较强盛地位^[26],受其影响的海域,浮游动物群落中暖水种(小齿海樽等)和外海种仍占有一定的比例。随着水温的进一步下降,部分热带暖水种从渤、黄、东海中消失,浮游动物群落种类数也出现下降,中国近海浮游动物种类数为 889 种(表 1)。浮游动物群落种类数仍随着纬度升高呈明显递减趋势,南海、东海、黄海、渤海浮游动物种类数分别为 729、439、131、39 种(图 4),显示浮游动物种类数分布与水温有关。

冬季,水温和盐度是解释浮游动物群落结构的最佳环境因子组合($\rho=0.627$), DO 和水深也是浮游动物群落结构的影响因子(表 2)。冬季,沿岸陆源径流进入枯水期,近海盐度升高,近岸低盐种类逐渐减少。受北方冷空气和寒潮的频繁影响,冷水团势力增强,外海暖流的势力减弱,中国近海水温明显下降,部分浮游动物暖水性种类从较低水温海域消失,随着浮游植物现存量和初级生产力明显降低,浮游动物生长繁殖下降,导致浮游动物群落物种多样性降低,浮游动物种类数为四季最低值,仅 838 种(表 1)。然而,浮游动物为适应冬季低温等水文环境的变化,其代谢速率增强,需氧量增加,对海水中溶解氧含量趋于敏感,因此,浮游动物群落结构与溶解氧含量存在相关性。浮游动物种类数分布与水温密切相关,其种类数随着纬度升高呈明显递减趋势,南海、东海、黄海、渤海浮游动物种类数分别为 742、388、91、22 种(图 5)。

致谢:香港科技大学刘红斌教授对本文写作给予帮助,王小谷、王雨参加部分工作,特此致谢。

References:

- [1] Xu Z L. The past and the future of zooplankton diversity studies in China seas. *Biodiversity Science*, 2011, 19(6): 635-645.
- [2] Bi H S, Sun S, Gao S W, Zhang G T, Zhang F. The characteristics of zooplankton community in the Bohai Sea III. The distribution of abundance and seasonal dynamics of major taxa except copepod. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(4): 513-521.
- [3] Meng F, Qiu J W, Wu B L. Zooplankton of the Yellow Sea Large Marine Ecosystem. *Journal of oceanography of Huanghai & Bohai seas*, 1993, 11(3): 30-37.
- [4] Jiang Q. Study on the Macro-zooplankton and Meso-zooplankton Community Ecology in the North Yellow Sea in Spring and Autumn[D]. Qing Dao: Ocean University of China, 2010.
- [5] Bai X E, Zuang Z M. Studies on the fluctuation of zooplankton biomass and its main species number in the Bohai Sea. *Marine Fisheries Research*, 1991, (2): 71-92.
- [6] Xu Z L. Character of zooplankton community and its variation in the water near the Yangtze River estuary. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(7): 780-784.
- [7] Zheng Z Z. The structure of zooplankton communities and its seasonal variation in the Yellow Sea and in the Western East China Sea. *Oceanologia et*

- Limnologia Sinica, 1965, 7(3):199-204.
- [8] Chen H J. Studies on Community Structure and Biodiversity of Zooplankton in the Yellow Sea and the East China Sea[D]. Qing Dao : Ocean University of China, 2010.
- [9] South China Sea Institute of Oceanology, Academia Sinica. Report on the general Oceanographic Survey of the South China Sea. Bei Jing: China Sciences Press , 1985 · 332-420.
- [10] State Oceanic Administration, People's Republic Of China. The comprehensive environment resources survey report on the middle of the South China Sea. Bei Jing: China Sciences Press , 1988:162-207.
- [11] Chen R X, Cai B J, Lin M, Dai Y Y, Lin J H, Lin G S. The vertical distribution of zooplankton in Central South China Sea, Acta Oceanologica Sinica , 1988, 10(3):337-341.
- [12] Li C H, Jia X P, Cai W G. Diversity of marine zooplankton in the north of South China Sea. Journal of Fishery Sciences of China, 2004, 11(2): 139-146.
- [13] Tang Q S. Marine biological resources and the environment of the Exclusive Economic Zone of China. Bei Jing: China Sciences Press , 2006: 307-358.
- [14] State Oceanic Administration ("908" project office). Specifications for marine biological survey. Bei Jing: Ocean Press, 2006.
- [15] State Oceanic Administration ("908" project office). Specifications for marine chemical survey. Bei Jing: Ocean Press, 2006.
- [16] State Oceanic Administration ("908" project office). Specifications for marine hydrometeorological survey. Bei Jing: Ocean Press, 2006.
- [17] Liu R Y. Checklist of Marine Biota of China Seas. Bei Jing: Science Press, 2008.
- [18] Huang Z G. Species and distribution of marine biology in China. Bei Jing: Ocean Press, 2008.
- [19] K R Clarke, R N Gorley. PRIMER v6: User Manual/ Tutorial. PRIMER-E Ltd, 2006:121.
- [20] Zheng Z, Li S Q, Xu Z Z. Marine Planktology. Bei Jing: Ocean Press, 1984.
- [21] Wang C S, Chen X Q, Liu Z S. Marine biology and ecology in China Sea. Bei Jing: Ocean Press, 2012. 479-599.
- [22] Bi H S, Sun S, Gao S W, Zhang F. The characteristics of zooplankton community in the Bohai Sea I. species composition and community structure. Acta Ecologica Sinica, 2000, 20(5): 715-721.
- [23] Chen Y Q, Xu Z L, Wang Y L. An ecological study on zooplankton in plume front zone of Yangze River estuarine area I. Biomass distribution of dominant species. Journal of fishery sciences of China, 1995, 2(1): 49-58.
- [24] Wang K, Zhang W C, Wang R, Gao S W. The structure of zooplankton community in the cetral and southern part of the Bohai Sea, China, in Spring and Autumn. Studia Marina Sinica, 2002, 44:34-42.
- [25] Chen H G, Liu G X. Zooplankton Community Structure in Yangzi River Estuary and adjacent Sea in Summer 2006. Journal of Beijing Normal University (Natural Science) 2009, 45(4): 393-398.
- [26] Sun S. Regional Oceanography of China - Biological Oceanography. Bei Jing: Ocean Press, 2012. 42-37, 239-268.
- [27] Lynam C P, Hay S J, Brierley A S. Interannual in abundance of North Sea jellyfish and links to the North Atlantic Oscillation. Limnology and Oceanography. 2004, 49(3):637-643.
- [28] Richard D B, Mills C E, Overland J E. Evidence for a substantial increase in gelatinous zooplankton in the Bering Sea, with possible links to climate change. Fisheries Oceanography, 1999, 8:296-306.
- [29] Lindley J A. and Batten S D. Long-term variability in the diversity of North Sea zooplankton. Journal of the Marine Biological Association. U. K. 2002, 82:31-40.
- [30] Liu Z S. Community Structure and Biodiversity of Zooplankton in the Changjiang Estuary and its Adjacent Waters [D]. Qing Dao : Ocean University of China, 2012
- [31] Stenseth N C, Mysterud A, Ottersen G. Ecological effects of climate fluctuations. Science, 2002, 297:1292-1296.
- [32] Walther G R, Post E, Convey P. Ecological responses to recent climate change. Nature, 2002, 416: 389-395.

参考文献:

- [1] 徐兆礼. 中国近海浮游动物多样性研究的过去和未来. 生物多样性, 2011, 19(6): 635-645.
- [2] 毕洪生, 孙松, 高尚武, 张光涛, 张芳. 渤海浮游动物群落生态特点 III. 部分浮游动物数量分布和季节变动. 生态学报, 2001, 21(4): 513-521.
- [3] 孟凡, 丘建文, 吴宝铃. 黄海大海洋生态系的浮游动物. 黄渤海海洋, 1993, 11(3):30-37.
- [4] 姜强. 春、秋季北黄海大中型浮游动物群落生态学研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2010.
- [5] 白雪娥, 庄志猛. 渤海浮游动物生物量及其主要种类数量变动的研究. 渔业科学进展, 1991, (12): 71-92.
- [6] 徐兆礼. 长江口邻近水域浮游动物群落特征及变动趋势. 生态学杂志, 2005, 24(7): 780-784.

- [7] 郑执中. 黄海和东海西部浮游动物群落的结构及其季节变化. 海洋与湖沼, 1965, 7 (3): 199-204.
- [8] 陈洪举. 黄、东海浮游动物群落结构和多样性研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2010.
- [9] 中国科学院南海海洋研究所. 南海海区综合调查研究报告(二). 北京: 科学出版社, 1985: 332-420.
- [10] 国家海洋局. 南海中部海域环境资源综合调查报告. 北京: 科学出版社, 1988: 162-207.
- [11] 陈瑞祥, 蔡秉及, 林茂, 戴燕玉, 林景宏, 连光山. 南海中部海域浮游动物的垂直分布. 海洋学报, 1988, 10 (3): 337-341.
- [12] 李纯厚, 贾晓平, 蔡文贵. 南海北部浮游动物多样性研究. 中国水产科学, 2004, 11 (2): 139-146.
- [13] 唐启升. 中国专属经济区海洋生物资源与栖息环境. 北京: 科学出版社, 2006: 307-358.
- [14] 国家海洋局“908”专项办公室. 海洋生物生态调查技术规程. 北京: 海洋出版社, 2006.
- [15] 国家海洋局“908”专项办公室. 海洋化学调查技术规程. 北京: 海洋出版社, 2006.
- [16] 国家海洋局“908”专项办公室. 海洋水文气象调查技术规程. 北京: 海洋出版社, 2006.
- [17] 刘瑞玉. 中国海洋生物名录. 北京: 科学出版社, 2008.
- [18] 黄宗国. 中国海洋生物种类与分布(增订版). 北京: 海洋出版社, 2008.
- [20] 郑重, 李少菁, 许振祖. 海洋浮游生物学. 北京: 海洋出版社, 1984.
- [21] 王春生, 陈兴群, 刘镇盛. 我国近海海洋生物与生态. 北京: 海洋出版社, 2012: 479-599.
- [22] 毕洪生, 孙松, 高尚武, 张芳. 渤海浮游动物群落生态特点 I. 种类组成与群落结构. 生态学报, 2000, 20(5): 715-721.
- [23] 陈亚瞿, 徐兆礼, 王云龙, 等. 长江口河口锋区浮游动物生态研究 I. 生物量及优势种的平面分布. 中国水产科学, 1995, 2(1): 49-58.
- [24] 王克, 张武昌, 王荣, 高尚武. 渤海中南部春秋季节浮游动物群落结构. 海洋科学集刊, 2002, 44: 34-42.
- [25] 陈洪举, 刘光兴. 2006 年夏季长江口及其邻近水域浮游动物的群落结构. 北京师范大学学报(自然科学版), 2009, 45(4): 393-398.
- [26] 孙松. 中国区域海洋学-生物海洋学. 北京: 海洋出版社, 2012: 43-268.
- [30] 刘镇盛. 长江口及其邻近海域浮游动物群落结构和多样性研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 17 Sep. ,2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The overview and prospect of chemical composition of plant cuticular wax ZENG Qiong, LIU Dechun, LIU Yong (5133)
- Research progresses in carbon budget and carbon cycle of the coastal salt marshes in China
..... CAO Lei, SONG Jinming, LI Xuegang, et al (5141)

Autecology & Fundamentals

- Effects of straw interlayer on soil water and salt movement and sunflower photosynthetic characteristics in saline-alkali soils
..... ZHAO Yonggan, PANG Huancheng, LI Yuyi, et al (5153)
- Adaptations of dimorphic seeds and seedlings of *Suaeda salsa* to saline environments
..... LIU Yan, ZHOU Jiachao, ZHANG Xiaodong, et al (5162)
- Responses of root morphology of peanut varieties differing in drought tolerance to water-deficient stress
..... DING Hong, ZHANG Zhimeng, DAI Liangxiang, et al (5169)
- The relationship between physiological indexes of apple cultivars and resistance to *Eriosoma lanigerum* in summer
..... WANG Xicun, ZHOU Hongxu, YU Yi, et al (5177)
- Physiological responses of *Salicornia bigelovii* to salt stress during the flowering stage
..... LIU Weicheng, ZHENG Chunfang, CHEN Chen, et al (5184)
- Biological characteristics and cultivation of fruit body of wild medicinal mushroom *Perenniporia fraxinea*
..... LU Tie, BAU Tolgor (5194)
- The study of characteristics of soil microbial communities at high severity burned forest sites for the Great Xingan Mountains: an
example of slope and aspect BAI Aiqin, FU Bojie, QU Laiye, et al (5201)
- Effect of different fertilizer combinations and straw return on microbial biomass and nitrogen-fixing bacteria community in a paddy
soil LIU Xiaoqian, TU Shihua, SUN Xifa, et al (5210)
- Structural characters and nutrient contents of leaves as well as nitrogen distribution among different organs of big-headed wheat
..... WANG Lifang, WANG Dexuan, SHANGGUAN Zhouping (5219)
- Effects of EP-1 on spatial memory and anxiety in *Mus musculus* WANG Xiaojia, QIN Tingting, HU Xia, et al (5228)

Population, Community and Ecosystem

- Gap characteristics in the mixed broad-leaved Korean pine forest in Xiaoxing'an Mountains
..... LIU Shaochong, WANG Jinghua, DUAN Wenbiao, et al (5234)
- Soil nitrogen and phosphorus stoichiometry in a degradation series of *Kobresia humilis* meadows in the Tibetan Plateau
..... LIN Li, LI Yikang, ZHANG Fawei, DU Yangong, et al (5245)
- An analysis of carbon flux partition differences of a mid-subtropical planted coniferous forest in southeastern China
..... HUANG Kun, WANG Shaoqiang, WANG Huimin, et al (5252)
- The niche of annual mixed-seeding meadow in response to density in alpine region of the Qilian Mountain, China
..... ZHAO Chengzhang, ZHANG Jing, SHENG Yaping (5266)
- Functional feeding groups of macrozoobenthos from coastal water off Rushan PENG Songyao, LI Xinzhen (5274)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Effects of selective cutting on vegetation carbon storage of boreal *Larix gmelinii*-*Carex schmidtii* forested wetlands in Daxing'anling,
China MU Changcheng, LU Huicui, BAO Xu, et al (5286)
- CO₂ flux in the upland field with corn-rape seed rotation in the karst area of southwest China
..... FANG Bin, LI Xinqing, CHENG Jianzhong, et al (5299)
- Monitoring spatial variability of soil salinity in dry and wet seasons in the North Tarim Basin using remote sensing and electromagn-
etic induction instruments YAO Yuan, DING Jianli, LEI Lei, et al (5308)
- Methane and nitrous oxide fluxes in temperate secondary forest and larch plantation in Northeastern China
..... SUN Hailong, ZHANG Yandong, WU Shiyi (5320)
- Butterfly diversity and vertical distribution in eastern Tianshan Mountain in Xinjiang
..... ZHANG Xin, HU Hongying, LÜ Zhaozhi (5329)

- Dynamics of aerodynamic parameters over a rainfed maize agroecosystem and their relationships with controlling factors CAI Fu, ZHOU Guangsheng, MING Huiqing, et al (5339)
- The response process to extreme climate events of the household compound system in the northern slope of Tianshan Mountain LI Xiliang, HOU Xiangyang, DING Yong, et al (5353)
- Analysis on spatial-temporal heterogeneities of landscape fragmentation in urban fringe area; a case study in Shunyi district of Beijing LI Can, ZHANG Fengrong, ZHU Taifeng, et al (5363)
- Resource and Industrial Ecology**
- CPUE Standardization of *Illex argentinus* for Chinese Mainland squid-jigging fishery based on generalized linear Bayesian models LU Huajie, CHEN Xinjun, CAO Jie (5375)
- Spatial-temporal differentiation of water quality in Gufu River of Three Gorges Reservoir RAN Guihua, GE Jiwen, MIAO Wenjie, et al (5385)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- Comparison environmental impact of the peasant household in han, zang and hui nationality region; case of zhangye, Gannan and Linxia in Gansu Province ZHAO Xueyan, MAO Xiaowen (5397)
- Research Notes**
- The seasonal variation and community structure of zooplankton in China sea DU Mingmin, LIU Zhensheng, WANG Chunsheng, et al (5407)
- Immunotoxicity of marine pollutants on the clam *Ruditapes philippinarum* DING Jianfeng, YAN Xiwu, ZHAO Liqiang, et al (5419)
- Influence of submerged macrophytes on phosphorus transference between sediment and overlying water in decomposition period WANG Lizhi, WANG Guoxiang (5426)
- Distribution patterns of alien herbs in the Yiluo River basin GUO Yili, DING Shengyan, SU Si, et al (5438)

《生态学报》2013 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,300 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

本期责任副主编 张利权

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 33 卷 第 17 期 (2013 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 17 (September, 2013)

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	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
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
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	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
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	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
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	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元