

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第6期

Vol.33 No.6

2012

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

我国湖泊富营养化效应区域差异性分析 曹金玲,许其功,席北斗,李小平,杨柳燕,江立文,魏自民,吴献花(1777)

基于“源”“汇”景观格局指数的海河流域总氮流失评价 孙然好,陈利顶,王伟,王赵明(1784)

云蒙湖流域土地利用变化对非点源氮污染负荷的影响 孟晓云,于兴修,泮雪芹(1789)

深圳市沿岸表层海水中全氟化合物的残留特征及其分布规律 陈清武,张鸿,柴之芳,沈金灿,杨波(1795)

典型电器工业区河涌沉积物中多环芳烃的分布、来源和潜在生态风险 邓代永,邱孟德,孙国萍,郭俊,张宏涛,张琴,许玫英(1801)

珠江下游河段沉积物中重金属含量及污染评价 谢文平,王少冰,朱新平,陈昆慈,潘德博,洪孝友,尹怡(1808)

扎龙湿地南山湖沉积岩芯重金属污染特征及来源判别 苏丹,臧淑英,叶华香,孙丽,贾晓丹,李苗(1816)

汕头湾沉积物磷的形态分布与季节变化特征研究 赵建刚,乔永民(1823)

氮磷比对东海浮游植物群落生长影响的微宇宙实验 黄伟,朱旭宇,曾江宁,寿鹿,陈全震,江志兵(1832)

春季福建北部海域浙闽沿岸流消亡期浮游桡足类种类组成及其分布 王彦国,林景宏,王春光,林茂(1839)

滩涂红树林种植-养殖耦合系统中多环芳烃含量水平分析 陈冠秋,李耀初,黄晋沐,南燕,林茂宏(1846)

四溴双酚A在5种巢湖鱼类体内的组织分布与生物浓缩因子研究 杨苏文,王圣瑞,闫振广,张普青(1852)

五氯酚对稀有鮑肌卵黄蛋白原及p53的诱导效应 熊力,马永鹏,张晓峥,金帮明,李伟,苏永良,毛思予,刘堰(1858)

全氟辛烷磺酸(PFOS)对斑马鱼卵黄蛋白原 mRNA 水平的影响 程艳,崔媛,党志超,谢文平,李海山,殷缓缓,陈会明(1865)

水溶性有机物电子转移能力与荧光峰强度的关系研究 陶亚,袁田,周顺桂,袁勇,庄莉,王辉亮(1871)

MIEX中试实验对二级出水中有机物去除的3DEEM解析 杨建,高金华,常江(1878)

XDLVO理论解析钙离子对腐殖酸反渗透膜污染的影响机制 姚淑娣,高欣玉,郭本华,包南,谢慧君,梁爽(1884)

栅藻LX1在水产养殖废水中的生长、脱氮除磷和油脂积累特性 马红芳,李鑫,胡洪管,于茵,巫寅虎(1891)

氯化铁用于反硝化同步化学生物絮凝工艺研究 王宏杰,董文艺,刘莉莎,韩贵超(1897)

合成氨废水短程反硝化特性研究 李妍,李泽兵,马家轩,王晓毅,赵白航,李军(1902)

基于新型反应器的好氧颗粒污泥的稳定性控制 李志华,杨帆,李胜,谢磊,王晓昌(1907)

采用非生长能量代谢参数表征颗粒污泥稳定性 李志华,吴军,李胜,谢磊,王晓昌(1913)

酸-碱预处理促进剩余污泥厌氧消化的研究 袁光环,周兴求,伍健东(1918)

小回流比条件下污泥浓度分区试验研究 史思,王素兰,李瑞,邢传宏(1923)

非离子表面活性剂对污泥调理脱水效果的影响 侯海攀,濮文虹,时亚飞,于文华,樊明明,刘欢,杨昌柱,李野,杨家宽(1930)

中国空气污染指数变化特征及影响因素分析 李小飞,张明军,王圣杰,赵爱芳,马潜(1936)

南京3类不同大气污染过程下气溶胶水溶性无机离子的特征研究 张秋晨,朱彬,苏继峰,王红磊(1944)

深圳市郊区大气中PM_{2.5}的特征分析 戴伟,高佳琪,曹罡,欧阳峰(1952)

餐饮业油烟的颗粒物分析 谭德生,邝元成,刘欣,戴飞鸿(1958)

Fe-MnO_x-CeO₂/ZrO₂低温催化还原NO性能研究 刘荣,杨志琴(1964)

自然型氨基酸及其钾盐的CO₂吸收和再生特性 晏水平,陈竞翔,徐明亮,艾平,张衍林(1971)

耕作方式对紫色水稻土农田生态系统CH₄和N₂O排放的影响 张军科,江长胜,郝庆菊,唐其文,程炳红,李辉,陈璐豪(1979)

垄作覆膜条件下田间氨挥发及影响因素 上官宇先,师日鹏,李娜,韩坤,李会科,王林权(1987)

添加不同N源条件下典型除草剂对土壤呼吸和N₂O排放的影响 孙青,史淳星,石坤,言儒斌,蒋静艳,吴以中(1994)

某石墨阳极法氯碱生产场地二噁英污染特征分析 余立凤,魏文侠,田亚静,吴广龙,李培中,赵丹(2000)

脱硫石膏对酸化森林土壤短期修复效果的研究 罗遥,康荣华,余德祥,谭炳全,段雷(2006)

岩溶山地土壤氧化铁形态及其与成土环境的关系 张治伟,朱章雄,傅瓦利,文志林(2013)

废弃尾矿库15种植物对重金属Pb、Zn的积累和养分吸收 施翔,陈益泰,王树凤,李江川(2021)

铬胁迫对3种草本植物生长及铬积累的影响 王爱云,黄姗姗,钟国锋,徐刚标,刘志祥,申响保(2028)

湘西花垣矿区主要植物种类及优势植物重金属蓄积特征 杨胜香,田启建,梁士楚,周耀渝,邹慧成(2038)

增施CO₂对C3和C4植物根际氯氰菊酯残留浓度的影响 慕楠,刁晓君,王曙光,王鹏腾,李攀峰(2046)

生物强化去除吡啶的特性及微生物种群动态变化分析 乔琳,赵宏,王建龙(2052)

A/O MBR处理生活污水效率与菌群多样性的关系 邝斌宇,史青, Montcho Leon Monthero,丁嫚,温东辉(2061)

石油污染土壤生物修复过程中氮循环功能基因的动态检测 吴彬彬,卢滇楠,刘铮(2068)

武汉市儿童多途径铅暴露风险评估 郝汉舟,陈同斌,吴基良,雷梅,田辉,祖文普,钟学斌(2075)

电子鼻预处理装置的开发及适用性研究 卜凡阳,文晓刚,万梅,刘锐,陈吕军,张永明(2083)

ToxTell生物传感器在Cu²⁺、Cd²⁺冲击活性污泥系统分析中的应用 王学江,王鑫,刘免,吴真,杨连珍,夏四清(2090)

环境样品免疫检测基质效应分析与控制 盛建武,何苗,施汉昌(2095)

热等离子体熔融固化模拟医疗废物的研究 张璐,严建华,杜长明,陆胜勇,李晓东(2104)

城市生活垃圾组分低温干燥特性及模型研究 吴亚娟,刘红梅,陆胜勇,严建华,李晓东(2110)

厌氧-准好氧联合型生物反应器填埋场产气规律的研究 韩智勇,刘丹,李启彬(2118)

处理垃圾渗滤液的Fe/C空气阴极MFC性能研究 唐玉兰,彭漫,于燕,何亚婷,傅金祥,赵玉华(2125)

基于冗余分析的典型喀斯特山区土壤-石漠化关系研究 龙健,廖洪凯,李娟,陈彩云(2131)

北京市能源消费与经济增长关系的协整检验分析 陈操操,张妍,刘春兰,王海华,李铮(2139)

《环境科学》征稿简则(1877) 《环境科学》征订启事(1890) 信息(1822,1857,1896,2138)

春季福建北部海域浙闽沿岸流消亡期浮游桡足类种类组成及其分布

王彦国, 林景宏, 王春光, 林茂*

(国家海洋局第三海洋研究所, 厦门 361005)

摘要: 根据 2009 年 4 月在福建北部海域(24°47'17.0" ~ 26°48'02.9"N; 119°29'36.0" ~ 120°57'13.8"E)所采集的浮游桡足类样品, 对该海域浮游桡足类的种类组成、个体密度、优势种及其分布特点进行了分析探讨, 并与 2007 年“908 专项”春季航次相应调查范围的资料相比较, 探讨其年际变化及内在原因。本航次共记录浮游桡足类 48 种, 哲水蚤目种类数最多, 优势种为中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)和半滑真刺水蚤(*Euchaeta plana*)。调查区浮游桡足类的平均丰度为 231.96 ind·m⁻³, 其平面分布呈现近海大于外海, 北部海区高于南部海区的趋势, 种类数平面分布呈现调查区的南部多于北部, 东部大于西部近岸海区。浮游桡足类的群落结构与以往的调查结果基本一致, 优势种突出、多样性指数较低; 但其平面分布存在着年际变化, “908 专项”春季航次浮游桡足类的高密度中心分布在三沙湾至闽江口之间的附近海域, 而本航次的高密度中心位于三沙湾外部的近岸海域, 这可能与考察期间受东北季风强度所左右的浙闽沿岸流强弱有关。根据浮游桡足类的生态习性本航次记录的浮游桡足类分为沿岸暖水, 沿岸暖温和热带大洋性 3 个生态类群, 沿岸暖水性和热带大洋性类群的种数多, 沿岸暖温性类群个体密度占优势, 本研究还对浮游桡足类种类数、多样性指数及其丰度分布与环境的关系进行了讨论, 调查海区浮游桡足类群落的种类数以及多样性主要受温度和盐度的影响, 并随着温度、盐度的增高而增加。

关键词: 浮游桡足类; 种类组成; 优势种; 数量分布; 浙闽沿岸流

中图分类号: X171.1 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)06-1839-07

Species Composition and Distribution Characteristics of Pelagic Copepods in the Northern Sea of Fujian During Withdraw of Zhe-Min Coastal Current

WANG Yan-guo, LIN Jing-hong, WANG Chun-guang, LIN Mao

(Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen 361005, China)

Abstract: Based on oceanographic survey data in April 2009 in the north central Taiwan Strait, ecological characteristics such as species composition, individual density, dominant species and distribution were analyzed. The results were compared with the same area survey in spring 2007 for discuss the annual variety. The result shows that 48 pelagic copepods species have been recognized, and most of them belongs to Calanodia. The higher species number occurs in southern and eastern area. The average density of pelagic copepoda was 231.96 ind·m⁻³. As to the horizontal distribution, the coast and northern areas are higher than those of eastern and southern areas of the density of pelagic copepods which are dependent on the dominant species *Calanus sinicus* and *Euchaeta plana*. The community structure of pelagic copepoda was same to the other survey result, which shows low biodiversity index with remarkable dominant species. Owing to the Zhe-Min coastal current effect, the higher density distribution is different in 2007 and 2009. As to the ecological character, all the copepoda in this paper belong to warm-water, warm-temperature and tropic oceanic groups. Warm-water and tropic oceanic groups are the dominant groups of the pelagic copepods composition. When it comes to density, warm-temperature group is the dominant. The relationship of species number, diversity index and abundance with the environment were also discussed in this paper. The result showed that the pelagic copepoda species number and diversity would increase with the temperature and salty increase.

Key words: copepods; species composition; dominant species; distribution; Zhe-Min coastal current

浮游桡足类是海洋浮游动物中一个重要类群。它的种类多、数量大, 它们摄食浮游植物, 与浮游植物关系密切; 本身又是许多经济水产动物的直接或间接饵料, 其高数量区常形成鱼类的密集区, 对海洋生态系的物质循环和能量流动起着关键作用。同时浮游桡足类的分布与其栖息区域环境条件密切相关, 不同生态习性的种类可作为海流良好的指示种, 还有些桡足类可作为水体污染的指示种, 因此对浮

游桡足类的种类组成和分布的研究有着重要的理论意义和实际的经济价值。

台湾海峡中北部海域受到浙闽沿岸流、粤东沿

收稿日期: 2011-08-05; 修订日期: 2011-10-17

基金项目: 国家 908 专项项目(908-ZC-II-02); 海洋公益性行业科研专项经费项目(201005015-3); 908 专项海洋生物样品库

作者简介: 王彦国(1982~), 男, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为海洋生态学, E-mail: kama0831@163.com

* 通讯联系人, E-mail: lm3011@126.com

岸流、南海暖流和黑潮分支等的影响,形成了一个水文性质十分复杂的交汇区,栖息于本海区的浮游桡足类也十分复杂多样.有关台湾海峡浮游桡足类的研究一直持续不断,其中包括海岸带、渔场、港湾^[1-3]及开阔水域^[4-9],但近年来由于经济的日益发展,生态环境承受着严重的压力,进而影响着海洋生物资源的正常繁殖和生长,资源量处于持续变动状态.本研究于2009年春季生态调查基础上,分析了该海区浮游桡足类的种类组成和数量分布,结合“908专项”春季航次数据,对浮游桡足类的种类组成和分布与水团的关系进行了探讨,旨在为该海域海洋生态系研究,物种多样性研究及海洋生物资源的保护和合理开发利用提供参考依据.

1 材料与方法

1.1 调查海区及采集方法

2009年4月14~16日,在台湾海峡中北部近岸(24°47'17.0"N~26°48'02.9"N, 119°29'36.0"E~120°57'13.8"E)进行浮游动物样品采集,调查区布设E、F、G、H四条断面,每条断面各有3个大面采样站(图1).样品的采集和分析参照文献[10](GBT 12763-2007)第6部分进行,采用标准大型浮游生物网(网口直径80 cm,网长280 cm,网孔直径为500 μm)从底层至表层(水深>200 m的测站从200 m至表层)垂直拖网获取浮游桡足类样品,样品保存于5%福尔马林海水溶液中;实验室内的鉴定与计数则是借助于浮游动物计数框、体视显微镜和光学显微镜等将样品进行种类鉴定并按种计个体数,然后换算成个体密度,各种类的密度(density)以ind·m⁻³为计算单位.温度、盐度参数采用美国海鸟

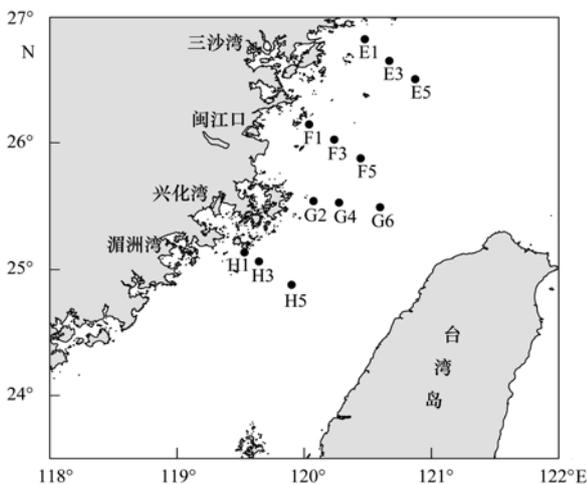


图1 浮游桡足类采样站点及断面示意

Fig. 1 Pelagic copepoda sampling stations and transects

公司生产的SBE917CTD进行现场测定.

1.2 数据处理

参照以往学者对东海海区浮游桡足类优势种的选择,本海区浮游桡足类的种类优势度 $Y > 0.02$ 时即被认定为优势种^[11,12].优势度的确定根据各种类在调查海区出现的频率及该种类在各组类群数量百分比计算^[5],计算公式为:

$$Y = \frac{n_i}{N} \times f_i$$

式中, n_i 为第*i*种类的密度(ind·m⁻³), f_i 为第*i*种类在调查站位出现的频率(%), N 为调查海区浮游桡足类的总密度(ind·m⁻³).

多样性指数分析采用PRIMER(5.0)软件;浮游桡足类丰度与温度、盐度的相关分析运用SPSS 13.0软件运算.

种类多样性指数(H')、均匀度(J')分别采用以下计算公式:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i$$

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

2 结果与分析

2.1 种类组成及其分布

根据本次调查的初步结果共鉴定浮游桡足类48种,隶属于3目16科28个属.其中哲水蚤目39种,占桡足类总种类数的81.25%.歧口水蚤目8种,占桡足类总种类数的16.67%.剑水蚤目仅有1种,占桡足类总种类数的2.08%.根据生态类型,占较大比例的是暖水种(26种,占54.17%),其次为热带种(19种,占39.58%),广温广盐记录了2种,暖温种仅有一种出现(表1).调查期间浮游桡足类生态类型的组成与张壮丽等的研究结果一致^[13].

调查海区桡足类种类数的平面分布如图2所示,各站位种类数的平面分布相对较为均匀,测区南部受到高温高盐海峡暖流的影响较为直接,带来较多的外海性暖水种,种类数高值分布在调查区的东南部,以H5站(北纬24.854°N,东经119.864°E)最大,达到31种;测区北部受到低温低盐浙闽沿岸流的影响,种类组成较为单一,各站位的种类数介于3~10种之间.种类数平面分布呈现从近岸向外海逐渐增多的趋势,南部海区高于北部海区的分布趋势.

2.2 桡足类的密度及平面分布

调查海区各站位浮游桡足类的平均密度为

表 1 2009 年春季台湾海峡中北部海域浮游桡足类种类组成

Table 1 Pelagic copepoda taxa founded in sea waters of Taiwan Strait in spring, 2009

名称	种类	生态类型
哲水蚤目	Calanoida	
中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i> Brodsky, 1962	近岸暖温带种
微刺哲水蚤	<i>Canthocalanus pauper</i> (Giesbrecht, 1888)	暖水种
瘦新哲水蚤	<i>Neocalanus gracilis</i> (Dana, 1852)	热带种
隆线新哲水蚤	<i>Calanoides carinatus</i> (Kroyer, 1849)	热带种
小哲水蚤	<i>Nannocalanus minor</i> (Claus, 1863)	暖水种
普通波水蚤	<i>Undinula vulgaris</i> (Dana, 1849)	暖水种
达氏波水蚤	<i>Undinula darwini</i> (Lubbock, 1860)	热带种
强真哲水蚤	<i>Eucalanus crassus</i> Giesbrecht, 1888	热带种
亚强真哲水蚤	<i>Eucalanus subcrassus</i> Giesbrecht, 1888	热带种
细真哲水蚤	<i>Eucalanus attenuatus</i> (Dana, 1849)	暖水种
伪细真哲水蚤	<i>Eucalanus pseudattenuatus</i> Sewell, 1947	暖水种
狭刺真哲水蚤	<i>Eucalanus subtenuis</i> Giesbrecht, 1888	热带种
帽形真哲水蚤	<i>Eucalanus pileatus</i> Giesbrecht, 1888	热带种
尖额真哲水蚤	<i>Eucalanus mucronatus</i> Giesbrecht, 1883	暖水种
角锚哲水蚤	<i>Rhincalanus cornutus</i> (Dana, 1849)	热带种
小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i> (Claus, 1863)	广温广盐种
纪氏真鹰嘴水蚤	<i>Euaetideus giesbrechti</i> Cleve, 1904	热带种
海洋真刺水蚤	<i>Euchaeta marina</i> (Prestandrea, 1833)	暖水种
精致真刺水蚤	<i>Euchaeta concinna</i> Dana, 1849	热带种
平滑真刺水蚤	<i>Euchaeta plana</i> Mori, 1937	热带种
芦氏拟真刺水蚤	<i>Paraeuchaeta russelli</i> (Farran, 1936)	暖水种
丹氏厚壳水蚤	<i>Scolecithrix danae</i> (Lubbock, 1856)	热带种
锥形宽水蚤	<i>Temora turbinata</i> (Dana, 1849)	暖水种
异尾宽水蚤	<i>Temora discaudata</i> Giesbrecht, 1889	暖水种
腹突乳点水蚤	<i>Pleuromamma abdominalis</i> (Lubbock, 1856)	暖水种
瘦尾胸刺水蚤	<i>Centropages tenuiremis</i> Thompson I. C. & Scott A., 1903	暖水种
叉胸刺水蚤	<i>Centropages furcatus</i> (Dana, 1849)	热带种
长胸刺水蚤	<i>Centropages elongatus</i> Giesbrecht, 1896	热带种
长角海羽水蚤	<i>Haloptilus longicornis</i> (Claus, 1863)	暖水种
伯氏平头水蚤	<i>Candacia bradyi</i> Scott A., 1902	热带种
厚指平头水蚤	<i>Candacia pachydactyla</i> (Dana, 1849)	热带种
椭圆形长足水蚤	<i>Calanopia elliptica</i> (Dana, 1849)	热带低盐种
真刺唇角水蚤	<i>Labidocera euchaeta</i> Giesbrecht, 1889	暖水种
双刺唇角水蚤	<i>Labidocera bipinnata</i> Tanaka, 1936	暖水种
尖刺唇角水蚤	<i>Labidocera acuta</i> (Dana, 1849)	热带种
小唇角水蚤	<i>Labidocera minuta</i> Giesbrecht, 1889	热带种
瘦尾筒角水蚤	<i>Pontellopsis tenuicauda</i> (Giesbrecht, 1889)	暖水种
羽小角水蚤	<i>Pontellina plumata</i> (Dana, 1849)	暖水种
丹氏纺锤水蚤	<i>Acartia danae</i> Giesbrecht, 1889	暖水种
剑水蚤目	Cyclopoida	
拟长腹剑水蚤	<i>Oithona similis</i> Claus, 1866	广温广盐种
歧口水蚤目	Poecilostomatoida	
丽隆水蚤	<i>Oncaea venusta</i> Philippi, 1843	暖水种
等刺水蚤	<i>Oncaea mediterranea</i> (Claus, 1863)	暖水种
金叶剑水蚤	<i>Sapphirina metallina</i> Dana, 1849	暖水种
奇浆剑水蚤	<i>Copilia mirabilis</i> Dana, 1852	暖水种
方浆水蚤	<i>Copilia quadrata</i> Dana, 1849	暖水种
美丽大眼水蚤	<i>Corycaeus speciosus</i> Dana, 1849	暖水种
小突大眼水蚤	<i>Corycaeus lubbocki</i> Giesbrecht, 1891	暖水种
东亚大眼水蚤	<i>Corycaeus asiaticus</i> Dahl F., 1894	暖水种

231.96 ind·m⁻³,各站位的变化范围为 22.75 ~ 1 100.01 ind·m⁻³,受低温低盐的浙闽沿岸流的影

响,测区的北部站位出现大量的近岸低盐种类,使得最大密度值出现于调查海区的西北部的 E1 号站

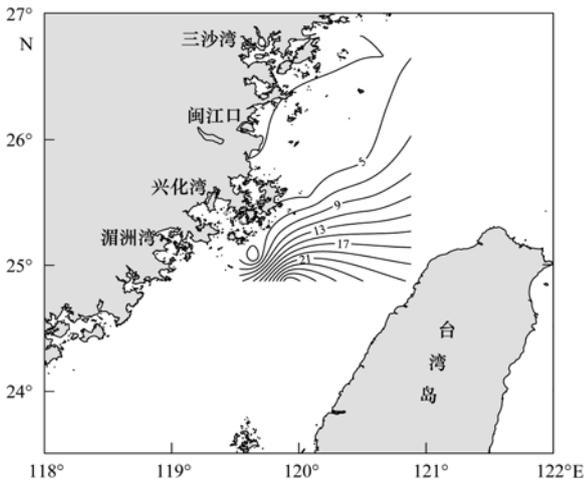


图2 桡足类种类数平面分布示意

Fig. 2 Horizontal distribution of copepoda species number

位,优势种中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*) 和平滑真刺水蚤 (*Euchaeta plana*) 在该站的密度都较高,分别为 $954.55 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$ 和 $59.09 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$,密度的整体变化趋势呈现从这个峰值向调查海区的东南部逐渐降低(图3),密度的最低值出现在调查海区的南部断面H1号站位,其密度仅有 $22.75 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$,其次为H5号站位,其密度为 $29.59 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$. 4个调查断面桡足类密度的分布呈现E断面最高,平均为 $474.86 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$;其次为G断面,平均密度为 $253.39 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$;H断面桡足类的密度值最低,平均密度仅为 $29.1 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$.

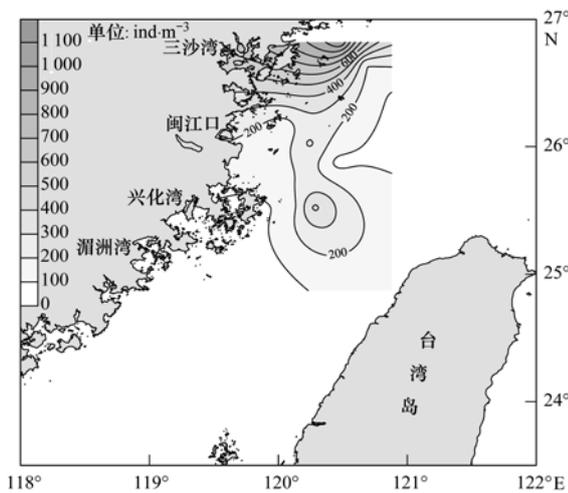


图3 桡足类密度平面分布示意

Fig. 3 Horizontal distribution of copepoda density

2.3 主要生态类群

根据浮游桡足类在调查海区的分布特点及其种类生态性质^[11~13],本海区浮游桡足类的生态类群如下分类.

(1) 近岸性广布类群 这是一类适盐下限较低

的种类,代表种有暖温性的中华哲水蚤和暖水性的微刺哲水蚤 (*Canthocalanus pauper*)、锥形宽水蚤 (*Temora turbinata*)、异尾宽水蚤 (*Temora discaudata*)、尖刺唇角水蚤 (*Labidocera acuta*) 主要出现于盐度相对较低的港湾和受浙闽沿岸流影响的海域.如中华哲水蚤丰度与温度、盐度呈负相关,E、F、G和H各断面的平均温度依次为 16.02 、 17.14 、 18.50 和 18.66°C ,中华哲水蚤丰度则依次为 405.44 、 159.46 、 203.69 和 $14.97 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$;位于三沙湾外近海的E1测站温度最低 (14.96°C),中华哲水蚤的丰度为调查海区最高 ($954.55 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$),而在调查海区东南部的H5测站温度最高 (22.81°C),中华哲水蚤的丰度仅有 $0.92 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$.

(2) 广温广盐类群 本类群主要分布在外海和混合水域,由于它们对温度、盐度的忍耐性较大,有时可分布在沿岸水域,一般在混合水域形成数量高峰,调查期间其种数也相对较多,但它们仅偶尔少量出现.代表种有亚强真哲水蚤 (*Eucalanus subcrassus*)、普通波水蚤 (*Undinula vulgaris*)、精致真刺水蚤 (*Euchaeta concinna*)、平滑真刺水蚤.

(3) 外海高盐类群 主要代表种有瘦新哲水蚤 (*Neocalanus gracilis*)、达氏波水蚤 (*Undinula darwini*)、细真哲水蚤 (*Eucalanus attenuatus*)、狭刺真哲水蚤 (*Eucalanus subtennis*)、长角海羽水蚤 (*Haloptilus longicornis*)、金叶剑水蚤 (*Sapphirina metallina*)、奇浆剑水蚤 (*Copilia mirabilis*) 等.其中热带大洋性种类在调查期间种类数相对较多,但出现频率较低,主要出现在受海峡暖流影响较大的东南部海区.

本调查海区浮游桡足类的种类数组成以热带大洋性类群为主,而该类群浮游桡足类的数量组成较低,分布范围较广,反映了调查海区受到海峡暖流的影响;同时该海区浮游桡足类的数量组成则以近岸暖温和暖水生态类群种类为主,该类群桡足类的平面分布主要在调查海区的西北部近岸海域,反映了该海区受浙闽沿岸流的影响,该水系影响的范围在湄洲湾以北,海坛岛的外侧海域.

2.4 多样性指数的分布

调查海区浮游桡足类的多样性指数呈现从南往北、从外海向近岸递减的趋势(图4),调查期间浮游桡足类的多样性指数偏低,各站位的多样性指数介于 $0.39 \sim 3.37$ 之间.在北部的E和F断面浮游桡足类的种类组成较为单一,种类数在 $3 \sim 6$ 种之间,多样性指数较低;而调查海区南部G和H断面近海

站位种类数较少,外部测站的种类数相对较高. 比较图 2 和图 4、图 5 可以看出,浮游桡足类种类数及多样性指数的分布与水温的分布趋势基本一致,将各站位浮游桡足类的种类数、丰度与多样性指数和温度、盐度进行相关分析,结果表明调查海区浮游桡足类的多样性指数与温度、盐度呈正相关但不显著,种类数与水体的温度、盐度呈显著的正相关关系,调查海区浮游桡足类的丰度值与水体的温度、盐度呈负相关但不显著(表 2); 这是由于北部三沙湾内的测站受低温、低盐的浙闽沿岸流影响,营养盐丰富,但水温低,浮游植物的丰度低,浮游桡足类的种类组成较为简单,多样性指数较低,种类组成以暖温性的中华哲水蚤为主,且数量大,如 E1 和 E3 站位仅有中华哲水蚤、平滑真刺水蚤和精致真刺水蚤出现. 而南部海域受高温高盐海峡暖流影响较直接,带来较多的外海性暖水种,种类组成较为丰富,多样性指数相对较高,如最南面的 H5 测站,主要优势种为狭额真哲水蚤、中华哲水蚤、亚强真哲水蚤、海洋真刺水蚤等,出现种类数达 31 种,多样性指数为 3.37,但浮游桡足类的密度相对较低,仅有 $29.59 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$.

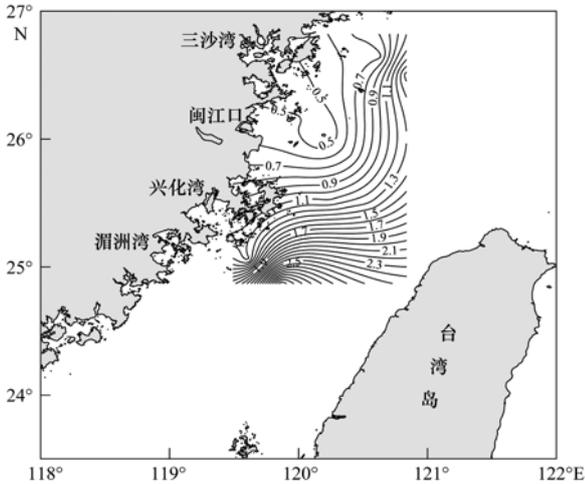


图 4 桡足类多样性指数的平面分布示意

Fig. 4 Horizontal distribution of diversity index of copepoda

2.5 主要优势种及其分布

中华哲水蚤是近岸暖温性种类,是本海区的第一优势种,其站位出现率达到 100%,其丰度在 $94 \sim 954.55 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$ 之间,平均为 $195.85 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$,占浮游桡足类总丰度的 92.66%. 在平面分布上,主要密集区出现在调查海区的西北部近岸海域,E 断面密度值最高,最高值出现在近岸的 E1 站位,密度值为 $954.55 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$; H 断面的密度值最低,最低值出现在 H5 站位,仅有 $0.92 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$. 中华哲水蚤平面分布见图 6.

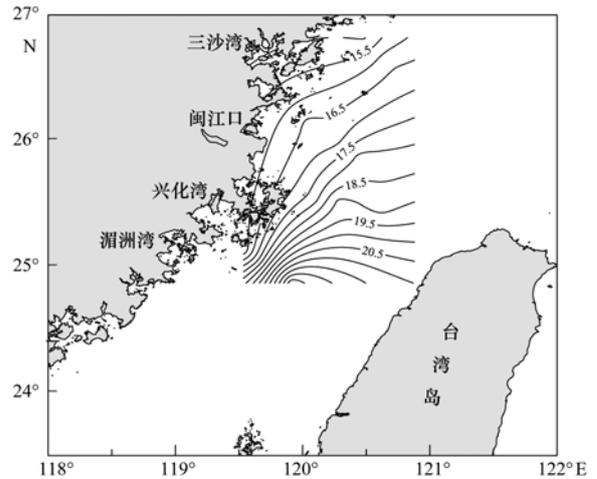


图 5 调查海区水温的平面分布示意

Fig. 5 Horizontal distribution of temperature in the survey sea

表 2 浮游桡足类种类数、丰度和多样性指数与温度、盐度的相关分析¹⁾

Table 2 Analysis of correlation between temperature and salty with species number, abundance and diversity index

项目	类型	种类数	多样性指数 (H')	丰度
Correlation Coefficient		0.645 *	0.455	-0.119
温度	Sig. (2-tailed)	0.023	0.138	0.713
	N	12	12	12
Correlation Coefficient		0.638 *	0.552	-0.112
盐度	Sig. (2-tailed)	0.025	0.063	0.729
	N	12	12	12

1) * 表示 $P < 0.05$ (双侧)

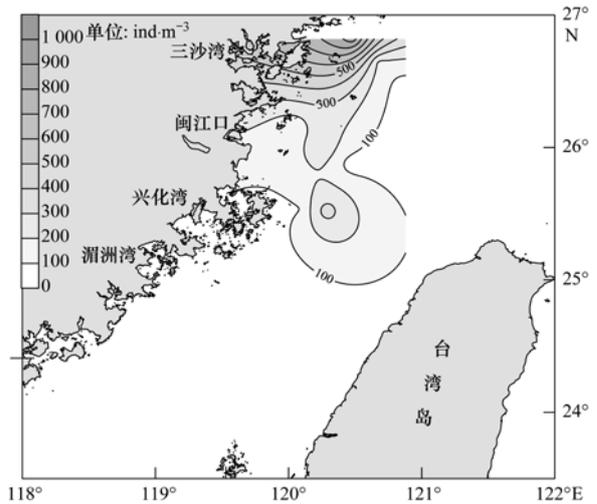


图 6 中华哲水蚤平面分布示意

Fig. 6 Horizontal distribution of *Calanus sinicus*

平滑真刺水蚤为广温广盐性类群,是本海区的第二优势种,其丰度的平均值为 $8.29 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$,占浮游桡足类总丰度的 3.92%. 在陆架混合水区广泛分布,密集区出现在调查海区的西北部近岸海域,E 断

面平滑真刺水蚤水蚤密度值最高,平均值为 $23.19 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$,最高值出现在近岸的 E1 站位,密度值为 $59.09 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$; F 断面和 H 断面密度值较低,平均值分别为 $1.89 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$ 和 $1.90 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$,最低值出现在 F1 站位,密度值仅有 $0.15 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$. 平滑真刺水蚤平面分布见图 7.

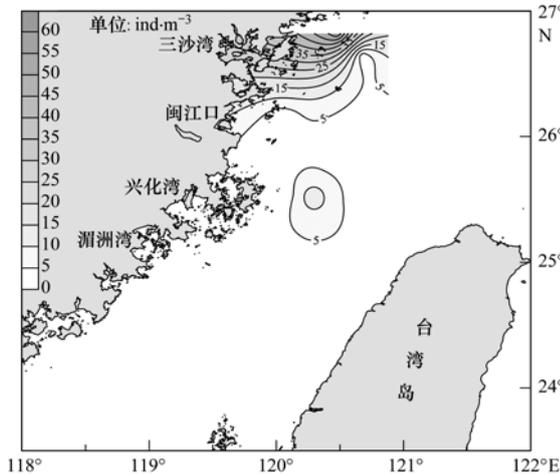


图 7 平滑真刺水蚤平面分布示意

Fig. 7 Horizontal distribution of *Euchaeta plana*

除以上优势种外,广温广盐性类群的精致真刺水蚤在该海域的出现率达 66.67%,平面分布上呈现密集分布在北部站位,高值出现在 G4 站位,其个体密度达到 $11.76 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$;其次近岸广布类群的锥形宽水蚤异尾宽水蚤和广温广盐性种类普通波水蚤在该海域的出现率分别为 50%、41.67% 和 41.67%,密集区均出现在东南部站位.本次调查广温广盐性类群在该海域的出现率较高.

3 讨论

3.1 浮游桡足类分布与水系的关系

由于浮游桡足类运动能力弱,具有随波逐流的特性,其种类组成及丰度的变化取决于温度、盐度和食物来源等外界环境因素的影响,其生长和繁殖与外界的环境因素密切相关,因此海洋中水系的分布及消长变化直接影响着浮游桡足类的密度和种类组成的变化;调查海区位于台湾海峡北部和东海南部相接处,水文状况复杂,有多种水团构成了 3 大水系,即大陆沿岸水、高温高盐外海水和混合水系,调查海区主要受到浙闽沿岸水、南海暖流和黑潮分支水系的相互消长的影响^[14],不同水系的消长对该区浮游桡足类的分布规律有很大的影响.调查期间北部近岸海区由于浙闽沿岸流所带入的冲淡水 and 营养盐,造成水域环境与外海水域环境出现一定程度的

差异,表现为盐度低、营养盐高的特点,而外海水域则表现为盐度高、营养盐低的特点.环境的差异导致生长于其中的浮游桡足类的种类也出现不同,在近岸水域主要为低盐性的沿岸种,低盐的沿岸水向外延伸的水舌和外海水交汇,形成混合水团区,而在外海水域则主要为高盐性的广布种,形成不同的生态类群.由于调查期间平均水温较低(17.58°C),浮游桡足类数量上仍以近岸暖水种为主,其密集区的形成主要是由闽浙沿岸流带入的以中华哲水蚤为主的近岸种所致,其平面分布呈现西部近岸海区高于外海,北部高于南部的分布趋势,这种分布趋势与黄加祺等^[15]的研究结果一致.同时调查区的南部海域受到高温高盐海峡暖流水的影响,外海种类数增多,其数量不够形成密度高值中心,调查海区浮游桡足类的平面分布呈现北部高于南部海区,西部近岸高于外海的分布趋势,同杨关铭等^[4]研究结果黑潮区浮游桡足类密度相对普遍较低的结论一致;由桡足类的群落结构特征决定了本研究中浮游桡足类的种类数及多样性指数与温度、盐度呈正相关,而桡足类在各站位密度的分布与盐度和温度呈非显著性负相关.浮游桡足类的种类数和多样性指数与温度、盐度呈正相关,丰度与温度、盐度呈负相关,表明该海区浮游桡足类群落的种类数以及多样性主要受温度和盐度的影响,并随着温度、盐度的增高而增加,即南海暖流和黑潮分支水系的影响程度的增加而增加.

3.2 群落结构年际差异与季风的关系

本次调查浮游桡足类丰度与调查范围相同的 2007 年“908 专项”春季航次的结果较接近,群落结构变化不大(表 3).“908 专项”调查时浮游桡足类的优势种为近岸暖水性的中华哲水蚤,且优势种较突出,多样性指数和均匀度低;而本次调查主要优势种则为中华哲水蚤和平滑真刺水蚤,二者也属近岸性种类,中华哲水蚤的优势度突出,在浮游桡足类总丰度中所占的比例仍较高,多样性指数和均匀度有小幅度的上升,而外海性广温种类在调查海区的南部也有少量的出现.该季浮游桡足类群落结构的年际变化或许与考察期间受东北季风强度所左右的浙闽沿岸流强弱有关.春季为台湾海峡东北季风和西南季风频繁转换期,翁学传等^[16]曾在分析台湾海峡春、夏季水团时指出,各年 5 月的浙闽沿岸水水团分布范围的变化与风情有较好的对应关系.张彩云等^[17]发现浙闽沿岸水的势力范围存在逐日变动规律,其影响面积与风应力显著相关.比较两次调查的水文气象资料,2007 年 4 月 17 日东北风高达 7 级,

表 3 浮游桡足类群落特征的年际变化

Table 3 Annual variations of pelagic copepoda community

调查时间	丰度/ $\text{ind}\cdot\text{m}^{-3}$	多样性指数 H'	均匀度 J'	主要优势种
2007 年 4 月	203.41	0.54	0.25	中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>
2009 年 4 月	231.96	1.16	0.39	中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i> 平滑真刺水蚤 <i>Euchaeta plana</i>

而 2009 年 4 月 14 ~ 15 日东北风减弱为 4 ~ 6 级。可见, 本次调查期间东北季风强度较弱, 导致受其所控制的浙闽沿岸流减弱, 而南部暖水势力增强并进一步向北部近岸逼近, 从而给调查海区携带来较多的外海性浮游桡足类; 同时受浙闽沿岸流的影响, 2007 年航次浮游桡足类的高密度中心位于三沙湾至闽江口附近海域, 本次调查的密集中心向北迁移位于三沙湾外围的附近海域, 研究表明, 浮游桡足类的种类组成、密度及其优势种的分布可以很好地指示该海区各水系的分布及其消长。

4 结论

调查区浮游桡足类丰度平均为 $231.96 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$, 高于 2007 年的同期调查结果, 群落结构与以往的调查结果基本一致, 优势种突出、多样性指数较低; 但其平面分布存在着年际变化, 2007 年航次浮游桡足类的高密度中心分布在三沙湾至闽江口之间的附近海域, 而本航次的高密度中心位于三沙湾外部的近岸海域, 这可能与考察期间受东北季风强度所左右的浙闽沿岸流强弱有关; 而本次调查外海性广温种的种类数较多, 多样性指数 (H') 和均匀度 (J') 均高于 2007 年航次。调查期间浙闽沿岸流已退缩至闽江口以北的近岸水域, 对本海区浮游桡足类分布起主导作用的是台湾暖流。

参考文献:

- [1] 朱长寿. 闽江口浮游桡足类生态研究 [J]. 台湾海峡, 1997, **16**(1): 75-79.
- [2] 黄加祺, 李少菁, 侯红兵. 福建罗源湾浮游桡足类群落特征 [J]. 海洋科学, 2000, **24**(6): 1-4.
- [3] 黄加祺, 李少菁, 陈亚萍. 福建罗源湾浮游桡足类的分布 [J]. 台湾海峡, 1991, **10**(1): 46-51.
- [4] 杨关铭, 何德华, 王春生, 等. 台湾以北海域浮游桡足类生物海洋学特征的研究 I. 数量分布 [J]. 海洋学报, 1999, **21**(4): 78-86.
- [5] 杨关铭, 何德华, 王春生, 等. 台湾以北海域浮游桡足类生物海洋学特征的研究 II. 群落特征 [J]. 海洋学报, 1999, **21**(6): 72-80.
- [6] 杨关铭, 何德华, 王春生, 等. 台湾以北海域浮游桡足类生物海洋学特征的研究 III. 指示性种类 [J]. 海洋学报, 2000, **22**(1): 93-101.
- [7] 李少菁, 黄加祺, 郭东晖, 等. 台湾海峡浮游生物生态学研究 [J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 2006, **45**(Sup. 2): 24-31.
- [8] 林玉辉, 连光山. 台湾海峡西部海域浮游桡足类的生态 [J]. 台湾海峡, 1988, **7**(3): 248-255.
- [9] 郑重, 李少菁, 李松, 等. 台湾海峡浮游桡足类的分布 [J]. 台湾海峡, 1982, **1**(1): 69-79.
- [10] 国家技术监督局. 海洋调查规范 第 6 部分: 海洋生物调查 (GB 12763.6-2007) [M]. 北京: 中国标准出版社, 2007. 159.
- [11] 徐兆礼, 陈亚瞿. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲈鱼渔场的关系 [J]. 生态学杂志, 1989, **8**(4): 13-15.
- [12] 陈亚瞿, 徐兆礼. 南黄海、东海鲈鱼索饵场浮游动物生态特征 [J]. 应用生态学报, 1990, **1**(4): 327-332.
- [13] 张壮丽, 叶孙忠. 福建海区浮游动物种类组成及数量分布特点 [J]. 南方水产, 2005, **1**(6): 34-38.
- [14] 洪华生, 丘书院, 阮五崎, 等. 闽南-台湾浅滩渔场上升流区生态系研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1991. 440-455.
- [15] 黄加祺, 李少菁, 陈钢. 台湾海峡及其邻近海域中华哲水蚤的分布和繁殖 [J]. 海洋科学集刊, 2002, **44**: 95-100.
- [16] 翁学传, 张启龙, 颜廷壮, 等. 台湾海峡中、北部海域春、夏季水团分析 [J]. 海洋与湖沼, 1992, **23**(3): 235-243.
- [17] 张彩云, 商少凌, 陈德文, 等. 冬季浙闽沿岸水分布的短期变动与风的关系初探 [J]. 遥感学报, 2005, **9**(4): 452-458.

CONTENTS

Regional Heterogeneity of Lake Eutrophication Effects in China	CAO Jin-ling, XU Qi-gong, XI Bei-dou, <i>et al.</i> (1777)
Correlating Landscape Pattern with Total Nitrogen Concentration Using a Location-weighted Sink-source Landscape Index in the Haihe River Basin, China	SUN Ran-hao, CHEN Li-ding, WANG Wei, <i>et al.</i> (1784)
Impact of the Land-use Change on the Non-point Source Nitrogen Load in Yunneng Lake Watershed	MENG Xiao-yun, YU Xing-xiu, PAN Xue-qin (1789)
Residue Characteristics and Distributions of Perfluorinated Compounds in Surface Seawater Along Shenzhen Coastline	CHEN Qing-wu, ZHANG Hong, CHAI Zhi-fang, <i>et al.</i> (1795)
Distribution and Potential Ecological Risk of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Sediments from Typical Electronics Industrial Zone	DENG Dai-yong, QIU Meng-de, SUN Guo-ping, <i>et al.</i> (1801)
Residues and Potential Ecological Risk Assessment of Metal in Sediments from Lower Reaches and Estuary of Pearl River	XIE Wen-ping, WANG Shao-bing, ZHU Xin-ping, <i>et al.</i> (1808)
Character and Sources Identification of Heavy Metals Contamination in Sediment from the Core Sediment in Nanshan Lake, the Zhalong Wetland	SU Dan, ZANG Shu-ying, YE Hua-xiang, <i>et al.</i> (1816)
Distribution Characteristics of Phosphorus Forms in Surface Sediments of the Shantou Bay in China	ZHAO Jian-gang, QIAO Yong-min (1823)
Microcosm Experiments on the Influence of Different N/P Ratios on Phytoplankton Community Growth in the East China Sea	HUANG Wei, ZHU Xu-yu, ZENG Jiang-ning, <i>et al.</i> (1832)
Species Composition and Distribution Characteristics of Pelagic Copepods in the Northern Sea of Fujian During Withdraw of Zhe-Min Coastal Current	WANG Yan-guo, LIN Jing-hong, WANG Chun-guang, <i>et al.</i> (1839)
PAHs Concentrations in Aquatic Products and Food Safety Evaluation in the Coupled Mangrove Planting-Aquaculture Ecological System	CHEN Guan-qiu, LI Yao-chu, HUANG Jin-mu, <i>et al.</i> (1846)
Tissue Distribution and Bioconcentration Factors of Tetrabromobisphenol A in Five Fishes in Lake Chaohu	YANG Su-wen, WANG Sheng-rui, YAN Zhen-guang, <i>et al.</i> (1852)
Induction Effects of Pentachlorophenol on Vitellogenin and p53 in Chinese Rare Minnow (<i>Gobiocypris rarus</i>)	XIONG Li, MA Yong-peng, ZHANG Xiao-zheng, <i>et al.</i> (1858)
Effects of Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) Exposure on Vitellogenin mRNA Level in Zebrafish (<i>Brachydanio rerio</i>)	CHENG Yan, CUI Yuan, DANG Zhi-chao, <i>et al.</i> (1865)
Relationship Between Electron Transfer Capacity and Fluorescence Characteristics of Dissolved Organic Matter	TAO Ya, YUAN Tian, ZHOU Shun-gui, <i>et al.</i> (1871)
Characterization of the Change in DOM During Municipal Secondary Effluent Treatment with Magnetic Ion Exchange Resin by 3DEEM	YANG Jian, GAO Jin-hua, CHANG Jiang (1878)
Reverse Osmosis Membrane Fouling by Humic Acid Using XDLVO Approach; Effect of Calcium Ions	YAO Shu-di, GAO Xin-yu, GUO Ben-hua, <i>et al.</i> (1884)
Growth, Removal of Nitrogen and Phosphorus, and Lipid Accumulation Property of <i>Scenedesmus</i> sp. LX1 in Aquaculture Wastewater	MA Hong-fang, LI Xin, HU Hong-ying, <i>et al.</i> (1891)
Iron Chloride for Simultaneous Denitrification and Chemical-Biological Flocculation Process	WANG Hong-jie, DONG Wen-yi, LIU Li-sha, <i>et al.</i> (1897)
Characteristic Research of Shortcut Denitrification in Synthetic Ammonia Industrial Wastewater Treatment Process	LI Yan, LI Ze-bing, MA Jia-xuan, <i>et al.</i> (1902)
Stability Control of Aerobic Granules Using an Innovative Reactor	LI Zhi-hua, YANG Fan, LI Sheng, <i>et al.</i> (1907)
Description of the Stability of Granules Using Nongrowth-related Parameters	LI Zhi-hua, WU Jun, LI Sheng, <i>et al.</i> (1913)
Enhancement of Anaerobic Digestion of Excess Sludge by Acid-Alkali Pretreatment	YUAN Guang-huan, ZHOU Xing-qiu, WU Jian-dong (1918)
Pilot Validation of Sludge Concentration Partition at Small Reflux Ratio Condition	SHI Si, WANG Su-lan, LI Rui, <i>et al.</i> (1923)
Influence of Non-ionic Surfactants on Sludge Dewaterability	HOU Hai-pan, PU Wen-hong, SHI Ya-fei, <i>et al.</i> (1930)
Variation Characteristics and Influencing Factors of Air Pollution Index in China	LI Xiao-fei, ZHANG Ming-jun, WANG Sheng-jie, <i>et al.</i> (1936)
Characteristics of Aerosol Water-Soluble Inorganic Ions in Three Types Air-Pollution Incidents of Nanjing City	ZHANG Qiu-chen, ZHU Bin, SU Ji-feng, <i>et al.</i> (1944)
Characterization of Atmospheric PM _{2.5} in the Suburb of Shenzhen	DAI Wei, GAO Jia-qi, CAO Gang, <i>et al.</i> (1952)
Analysis on Oil Fume Particles in Catering Industry Cooking Emission	TAN De-sheng, KUANG Yuan-cheng, LIU Xin, <i>et al.</i> (1958)
Low-Temperature Catalytic Reduction of NO over Fe-MnO _x -CeO ₂ /ZrO ₂ Catalyst	LIU Rong, YANG Zhi-qin (1964)
CO ₂ Absorption and Regeneration Performance of a Natural Amino Acid and Its Potassium Salt	YAN Shui-ping, CHEN Jing-ao, XU Ming-liang, <i>et al.</i> (1971)
Effects of Tillage-Cropping Systems on Methane and Nitrous Oxide Emissions from Agro-Ecosystems in a Purple Paddy Soil	ZHANG Jun-ke, JIANG Chang-sheng, HAO Qing-ju, <i>et al.</i> (1979)
Factors Influencing Ammonia Volatilization in a Winter Wheat Field with Plastic Film Mulched Ridges and Unmulched Furrows	SHANGGUAN Yu-xian, SHI Ri-peng, LI Na, <i>et al.</i> (1987)
Effects of Typical Herbicides on Soil Respiration and N ₂ O Emissions from Soil Added with Different Nitrogen Fertilizers	SUN Qing, SHI Chun-xing, SHI Kun, <i>et al.</i> (1994)
Analysis of Characteristics of Dioxin Contamination in the Chlor-alkali Site that Uses Graphite Anode for Production	YU Li-feng, WEI Wen-xia, TIAN Ya-jing, <i>et al.</i> (2000)
Effect of Flue Gas Desulfurization Gypsum Application on Remediation of Acidified Forest Soil	LUO Yao, KANG Rong-hua, YU De-xiang, <i>et al.</i> (2006)
Morphology of Soil Iron Oxides and Its Correlation with Soil-Forming Process and Forming Conditions in a Karst Mountain	ZHANG Zhi-wei, ZHU Zhang-xiong, FU Wa-li, <i>et al.</i> (2013)
Pb, Zn Accumulation and Nutrient Uptake of 15 Plant Species Grown in Abandoned Mine Tailings	SHI Xiang, CHEN Yi-tai, WANG Shu-feng, <i>et al.</i> (2021)
Effect of Cr(VI) Stress on Growth of Three Herbaceous Plants and Their Cr Uptake	WANG Ai-yun, HUANG Shan-shan, ZHONG Guo-feng, <i>et al.</i> (2028)
Bioaccumulation of Heavy Metals by the Dominant Plants Growing in Huayuan Manganese and Lead/Zinc Mineland, Xiangxi	YANG Sheng-xiang, TIAN Qi-jian, LIANG Shi-chu, <i>et al.</i> (2038)
Effect of CO ₂ Fertilization on Residual Concentration of Cypermethrin in Rhizosphere of C3 and C4 Plant	MU Nan, DIAO Xiao-jun, WANG Shu-guang, <i>et al.</i> (2046)
Bioaugmented Removal of Pyridine and the Microbial Community Dynamic Analysis	QIAO Lin, ZHAO Hong, WANG Jian-long (2052)
Relationship Between Sewage Treatment Efficiency and Bacterial Community Diversity in an A/O MBR	KUANG Bin-yu, SHI Qing, Montcho Leon Monthero, <i>et al.</i> (2061)
Dynamic Changes in Functional Genes for Nitrogen Cycle During Bioremediation of Petroleum-Contaminated Soil	WU Bin-bin, LU Dian-nan, LIU Zheng (2068)
Risk Assessment of Lead Exposure from Different Intake Pathways for Children in Wuhan City	HAO Han-zhou, CHEN Tong-bin, WU Ji-liang, <i>et al.</i> (2075)
Implementation of a Pretreatment Device for an Electronic Nose	BU Fan-yang, WEN Xiao-gang, WAN Mei, <i>et al.</i> (2083)
Copper and Cadmium Toxicities to Activated Sludge Investigated with ToxTell Biosensor	WANG Xue-jiang, WANG Xin, LIU Mian, <i>et al.</i> (2090)
Matrix Effect and Control of Immunoassay for Environmental Samples	SHENG Jian-wu, HE Miao, SHI Han-chang (2095)
Study on Vitrification of Simulated Medical Wastes by Thermal Plasma	ZHANG Lu, YAN Jian-hua, DU Chang-ming, <i>et al.</i> (2104)
Study on the Low Temperature Drying of Components of Municipal Solid Waste and Its Model Analysis	WU Ya-juan, LIU Hong-mei, LU Sheng-yong, <i>et al.</i> (2110)
Aerogenesis Evolution of the Anaerobic-semiaerobic Bioreactor Landfill	HAN Zhi-yong, LIU Dan, LI Qi-bin (2118)
Performance of Microbial Fuel Cells with Fe/C Catalyst Carbon Felt Air-Cathode for Treating Landfill Leachate	TANG Yu-lan, PENG Man, YU Yan, <i>et al.</i> (2125)
Relationships Between Soil and Rocky Desertification in Typical Karst Mountain Area Based on Redundancy Analysis	LONG Jian, LIAO Hong-kai, LI Juan, <i>et al.</i> (2131)
Energy Consumption and GDP Growth in Beijing: Cointegration and Causality Analysis	CHEN Cao-cao, ZHANG Yan, LIU Chun-lan, <i>et al.</i> (2139)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军
朱永官 刘志培 汤鸿霄 陈吉宁 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2012年6月15日 33卷 第6期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 33 No. 6 Jun. 15, 2012

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市2871信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel: 010-62941102, 010-62849343; Fax: 010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel: 010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 70.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行