

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第34卷 第6期

Vol.34 No.6

2013

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

2008 ~ 2010 年北京城区大气 BTEX 的浓度水平及其 O₃ 生成潜势 曹函玉, 潘月鹏, 王辉, 谭吉华, 王跃思 (2065)

利用 SPAMS 研究上海秋季气溶胶污染过程中颗粒物的老化与混合状态 牟莹莹, 楼晟荣, 陈长虹, 周敏, 王红丽, 周振, 乔利平, 黄成, 李梅, 李莉, 王倩, 黄海英, 邹兰军 (2071)

沈阳市降水化学成分及来源分析 张林静, 张秀英, 江洪, 张清新 (2081)

秦皇岛大气污染物浓度变化特征 刘鲁宁, 申雨璇, 辛金元, 吉东生, 王跃思 (2089)

禽类肉鸡生长过程 NH₃、N₂O、CH₄ 和 CO₂ 的排放 周忠凯, 朱志平, 董红敏, 陈永杏, 尚斌 (2098)

碳化硅协同分子筛负载型催化微波辅助催化氧化甲苯性能 王晓晖, 卜龙利, 刘海楠, 张浩, 孙剑宇, 杨力, 蔡力栋 (2107)

生物滴滤塔净化多组分废气的研究 张定丰, 房俊逸, 叶杰旭, 邱松凯, 钱东升, 戴启洲, 陈东之 (2116)

在氧化和还原氛围下脉冲电晕法降解二硫化碳废气 金圣, 黄立维, 李国平 (2121)

模拟大气 CO₂ 水平升高对春季太湖浮游植物生理特性的影响 赵旭辉, 汤龙升, 史小丽, 杨州, 孔繁翔 (2126)

一种确定湖泊水质基准参照状态浓度的新方法 华祖林, 汪靛 (2134)

HSPF 径流模拟参数敏感性分析与模型适用性研究 李燕, 李兆富, 席庆 (2139)

基于非点源污染的水质监测方案研究 吴喜军, 李怀恩, 李家科, 李强坤, 董雯 (2146)

不同雨强下黄棕壤坡耕地径流养分输出机制研究 陈玲, 刘德富, 宋林旭, 崔玉洁, 张革 (2151)

春季东海赤潮发生前后营养盐及溶解氧的平面分布特征 李鸿妹, 石晓勇, 陈鹏, 张传松 (2159)

三峡库区大宁河枯水期藻细胞的时空分布 张永生, 郑丙辉, 王坤, 姜霞, 郑浩 (2166)

湖泊沉积物溶解性有机氮组分的藻类可利用性 冯伟莹, 张生, 焦立新, 王圣瑞, 李畅游, 崔凤丽, 付绪金, 甄志磊 (2176)

刚毛藻分解对上覆水磷含量及赋存形态的影响 侯金枝, 魏权, 高丽, 孙卫明 (2184)

反复扰动下磷在沉积物和悬浮物以及上覆水间的交换 李大鹏, 王晶, 黄勇 (2191)

三峡库区主要支流表层沉积物多溴联苯醚的分布特征 李昆, 赵高峰, 周怀东, 刘晓茹, 余丽琴, 文武, 张盼伟 (2198)

UV 和 H₂O₂ 联合消毒灭活饮用水中大肠杆菌研究 张一清, 周玲玲, 张吉 (2205)

臭氧降解水中邻苯二甲酸二甲酯的动力学及影响因素 于丽, 张培龙, 侯甲才, 庞立飞, 李越, 贾寿华 (2210)

硝酸根对水体中甲基汞光化学降解的影响 毛雯, 孙荣国, 王定勇, 马明, 张成 (2218)

炔雌醇氯化反应的动力学和机制研究 王斌楠, 刘国强, 孔德洋, 陆隽鹤 (2225)

金属离子对 δ-MnO₂ 去除对叔辛基酚抑制作用的研究 李非里, 牟华倩 (2232)

核壳表面磁性印迹聚合物的制备及其对水中双酚 A 的特异性去除 刘建明, 李红, 熊振湖 (2240)

有机蒙脱石负载纳米铁去除溶液中四溴双酚 A 的研究 闫梦玥, 庞志华, 李小明, 赵建宇, 罗隽 (2249)

纳滤预处理测定景观水体中溶解性有机氮质量浓度及其分布特征 于红蕾, 霍守亮, 杨周生, 席北斗, 谷逢宇, 张靖天 (2256)

改性水凝胶的制备及其对 Pb²⁺、Cd²⁺ 吸附性能研究 吴宁梅, 李正魁 (2263)

直接大红 4BE 的磷钨酸均相光催化还原脱色 魏红, 李克斌, 李娟, 陈经涛, 张涛 (2271)

基于微气泡曝气的生物膜反应器处理废水研究 张磊, 刘平, 马锦, 张静, 张明, 吴根 (2277)

Fenton 法处理竹制品废水生化出水的研究 郭庆稳, 张敏, 王炜, 杨治中, 吴东雷 (2283)

二价铁离子对 UASB 反应器厌氧发酵产氢效能的影响 李永峰, 王艺璇, 程国玲, 刘春妍 (2290)

进水底物浓度对蔗糖废水产酸合成 PHA 影响研究 陈志强, 邓毅, 黄龙, 温沁雪, 郭子瑞 (2295)

接种好氧颗粒污泥快速启动硝化工艺的过程研究 刘文如, 沈耀良, 丁玲玲, 丁敏 (2302)

聚磷污泥去除高浓度铅的影响因素研究 杨敏, 卢龙, 冯涌, 方超, 李雄清 (2309)

体积分数传递系数在好氧颗粒污泥系统中的变化特性初步分析 李志华, 范长青, 王晓昌 (2314)

我国淡水水体中双酚 A (BPA) 的生态风险评价 汪浩, 冯承莲, 郭广慧, 张瑞卿, 刘跃丹, 吴丰昌 (2319)

麦穗鱼物种敏感性评价 王晓南, 刘征涛, 闫振广, 张聪, 何丽, 孟双双 (2329)

不同评估方法得出的五氯酚的 PNEC 值的比较研究 雷炳莉, 文育, 王艺陪, 康佳, 刘倩 (2335)

桂林市交警头发 Hg、Pb 含量及分布研究 钱建平, 张力, 李成超, 黄栋 (2344)

直流电场处理后降线藻趋光性对 Cl⁻ 和 Hg²⁺ 的响应 王飞翔, 袁玲, 黄建国 (2350)

UV-B 辐射对青冈凋落叶化学组成和分解的影响 宋新章, 卜涛, 张水奎, 江洪, 王志坤, 赵明水, 刘永军 (2355)

7 种树木的叶片微形态与空气悬浮颗粒吸附及重金属累积特征 刘玲, 方炎明, 王顺昌, 谢影, 杨聃聃 (2361)

溶解氧对碳氮硫共脱除工艺中微生物群落影响解析 于皓, 陈川, 张莉, 王爱杰 (2368)

不同耕地利用方式下土壤微生物活性及群落结构特性分析: 基于 PLFA 和 MicroRespTM 方法 陈晓娟, 吴小红, 刘守龙, 袁红朝, 李苗苗, 朱捍华, 葛体达, 童成立, 吴金水 (2375)

典型滨海湿地干湿交替过程氮素动态的模拟研究 陈建刚, 曹雪 (2383)

三峡库区巫山建坪地区土壤镉等重金属分布特征及来源研究 刘意章, 肖唐付, 宁增平, 贾彦龙, 黎华军, 杨菲, 姜涛, 孙昊 (2390)

北京市不同区位耕作土壤中重金属总量与形态分布特征 陈志凡, 赵焯, 郭廷忠, 王永锋, 田青 (2399)

季节变化对贵阳市不同功能区地表灰尘重金属的影响 李晓燕 (2407)

东营市孤岛地区土壤中类二噁英类 PCBs 的污染特征 王登阁, 崔兆杰, 傅晓文, 殷永泉, 许宏宇 (2416)

模拟氮沉降对森林土壤有机物淋溶的影响 段雷, 马萧萧, 余德祥, 谭炳全 (2422)

甲基 β 环糊精对污染场地土壤中多环芳烃的异位增效洗脱修复研究 孙明明, 滕应, 骆永明, 李振高, 贾仲君, 张满云 (2428)

胶质芽胞杆菌对印度芥菜根际土壤铜含量及土壤酶活性影响 杨榕, 李博文, 刘微 (2436)

长期施用粪肥蔬菜基地蔬菜中典型抗生素的污染特征 吴小莲, 向垒, 莫测辉, 姜元能, 严青云, 李彦文, 黄献培, 苏青云, 王纪阳 (2442)

有机废弃物堆肥培肥土壤的氮矿化特性研究 张旭, 席北斗, 赵越, 魏自民, 李洋, 赵昕宇 (2448)

北京市生活垃圾转运站耗能和排污特征及其影响因素分析 王昭, 李振山, 冯亚斌, 焦安英, 薛安 (2456)

氨对垃圾焚烧飞灰浸出特性的影响及地球化学模拟 官贞珍, 陈德珍, Thomas Astrup (2464)

焚烧飞灰预处理工艺及其无机氯盐的行为研究 朱芬芬, 高冈昌辉, 大下和傲, 姜惠民, 北岛义典 (2473)

富含中孔与酸性基团的生物炭的制备与吸附性能 李坤权, 李焯, 郑正, 张雨轩 (2479)

生物炭技术缓解我国温室效应潜力初步评估 姜志翔, 郑浩, 李锋民, 王震宇 (2486)

基于物质流分析的钾素流动与循环研究 白桦, 曾思育, 董欣, 陈吉宁 (2493)

《环境科学》征订启事 (2115) 《环境科学》征稿简则 (2224) 信息 (2217, 2289, 2349, 2398) 专辑征稿通知 (2478)

春季东海赤潮发生前后营养盐及溶解氧的平面分布特征

李鸿妹^{1,2}, 石晓勇^{1,2}, 陈鹏³, 张传松^{1,2*}

(1. 中国海洋大学化学化工学院, 青岛 266100; 2. 中国海洋大学海洋化学理论与工程技术教育部重点实验室, 青岛 266100; 3. 中国烟台赫尔曼·格迈纳尔中学, 烟台 264000)

摘要: 依据 2010 年 4 月 8~26 日和 5 月 7~14 日对东海赤潮高发区调查所得的数据, 分析了该海域赤潮发生前后各生源要素的含量及分布特征, 并对其影响因素进行了初步探讨。结果表明, 调查海域 4 月处于赤潮暴发前期, 以硅藻为优势藻种; 5 月赤潮大规模暴发, 以甲藻为优势藻种。5 月 DIN 和 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 浓度与 4 月相比大幅降低, DIN 平均值由 $18.04 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 降至 $10.80 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 下降幅度为 40%; $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 平均值由 $0.47 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 降至 $0.27 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 下降幅度为 43%。这表明在赤潮发生过程中赤潮生物对营养盐具有强烈的消耗作用。5 月东海赤潮主要藻种为甲藻, 甲藻在繁殖过程中不消耗 $\text{SiO}_3^{2-}\text{-Si}$, 加之长江冲淡水的补充, 所以 $\text{SiO}_3^{2-}\text{-Si}$ 平均值由 $16.15 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 略升至 $16.96 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 变化幅度不大。DO 平均值由 4 月的 $8.76 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 下降至 5 月的 $6.09 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 这主要是由于 5 月水温对 DO 的影响大于浮游植物光合作用的影响, 5 月水温较 4 月高, 氧气在水中的溶解度随温度的升高而降低, 所以 5 月 DO 浓度低于赤潮发生前期。

关键词: 赤潮; 营养盐; 溶解氧; 分布特征; 东海; 春季

中图分类号: X145 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2013)06-2159-07

Distribution of Dissolved Inorganic Nutrients and Dissolved Oxygen in the High Frequency Area of Harmful Algal Blooms in the East China Sea in Spring

LI Hong-mei^{1,2}, SHI Xiao-yong^{1,2}, CHEN Peng³, ZHANG Chuan-song^{1,2}

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 2. Key Laboratory of Marine Chemistry Theory and Technology, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 3. Hermann Gmeiner School Yantai China, Yantai 264000, China)

Abstract: According to two cruises in the high frequency area of Harmful Algal Blooms (HABs) in ECS from Apr. 8th to 26th and May 7th to 14th 2010, concentrations and distributions of biogenic elements before and after HABs were analyzed, and their influenced factors were also discussed. The results showed that April was the earlier stage of HAB breaking out, and diatom was the dominant species; while Dinoflagellate became the dominant species when large-scale HAB broke out in May. The concentrations of DIN and $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ decreased significantly from April to May. The Mean value of DIN decreased from 18.04 to $10.80 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, its decline rate was 40%. As for $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, its Mean value decreased from 0.47 to $0.27 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, and its decline rate was 43%. This phenomenon indicated the significant depletion of nutrients by harmful algae in the process. However, the primary species of HABs in ECS was dinoflagellates in May. Since dinoflagellates did not consume $\text{SiO}_3^{2-}\text{-Si}$ during the breed, as well as the supplement from Changjiang Diluted Water, the mean value of $\text{SiO}_3^{2-}\text{-Si}$ increased slightly from 16.15 to $16.96 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ in the researched area. The Mean value of DO decreased from 8.76 to $6.09 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ from April to May, because the effect of temperature to DO was more obvious than that of phytoplankton photosynthesis. The temperature was higher in May, and the solubility of oxygen decreased with increasing temperature, therefore, the concentration of DO was lower after the Harmful algal blooms.

Key words: harmful algal blooms; nutrients; dissolved oxygen; distribution; East China Sea; spring

近年来,由于人类活动的日益频繁和社会经济的快速发展,我国已经成为世界上赤潮频发的国家之一。长江口及邻近东海海域地处长江三角洲工农业发达地区,赤潮发生频率和面积更是逐年增加,成为我国赤潮灾害最为严重的区域^[1~6]。根据 2002~2008 年中国海洋环境质量公报公布的有关数据,东海赤潮发生的次数及累积面积一直居于我国四大海域之首,有害赤潮(HAB)成为严重影响我国东海海洋环境和水产事业的灾害之一^[7~9]。

据报道,20 世纪 60 年代至世纪末,长江口及邻

近东海海域以暴发硅藻赤潮为主,但 21 世纪以来,该海域每年春季均会暴发以东海原甲藻为主要赤潮藻种的甲藻赤潮,且暴发规模及甲藻的优势度呈逐年增加趋势^[10]。赤潮发生的机制非常复杂,但一般认为富营养化是近海海域有害赤潮发生的物质基

收稿日期: 2012-10-24; 修订日期: 2012-12-10

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973)项目(2010CB428701)

作者简介: 李鸿妹(1987~),女,博士研究生,主要研究方向为海洋污染生态化学与海水分析化学, E-mail: haiyanglihongmei@163.com

* 通讯联系人, E-mail: zcsong@ouc.edu.cn

础^[11,12],国内外关于营养盐对赤潮影响的研究已经很多^[13-15],但赤潮藻种对营养盐的反调控作用却鲜有报道。

本研究依据 2010 年 4、5 月对东海赤潮高发区的调查资料,分析了该海域赤潮发生前后生源要素的分布特征,并对其影响因素进行了初步探讨,以期为进一步了解东海赤潮的发生机理及营养盐对于赤潮生消及演替的作用提供数据资料和理论基础。

1 材料与方 法

1.1 调查站位分布

现场调查于 2010 年 4 月 8~26 日和 5 月 7~14 日在长江口及邻近东海海域进行,调查船只为“润江 1 号”海洋科学考察船,调查范围覆盖整个东海赤潮高发区海域。为了对赤潮发生前后生源要素的分布特征进行对比,4、5 月设置站位大致相同。两个月份均设置 5 条断面,其中 4 月调查站位 25 个,5 月调查站位 30 个(站位图如图 1 所示)。

1.2 样品采集与测定

现场调查使用 30 L Niskin 采水器采集表、中、底层水体样品,其中中层为叶绿素跃层或最大值。溶解氧和营养盐样品均采取现场测定:溶解氧使用 Winkler 碘量法测定,营养盐水样在现场经 0.45 μm 醋酸纤维滤膜过滤后,用分光光度计按《海洋调查规范》(GB 12763.4-91)进行现场测定,并用国家海洋局第二海洋研究所生产的营养盐标准系列制定工作曲线。其中溶解无机氮(DIN)的浓度为: $\text{DIN} = \text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NO}_2^- - \text{N} + \text{NH}_4^+ - \text{N}$ 。 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 、 $\text{SiO}_3^{2-} - \text{Si}$ 的检出限分别为: ± 0.02 、 ± 0.02 、 ± 0.1 、 ± 0.02 、 $\pm 0.2 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

2 结果与讨论

2.1 调查期间东海赤潮高发区的赤潮生消及优势

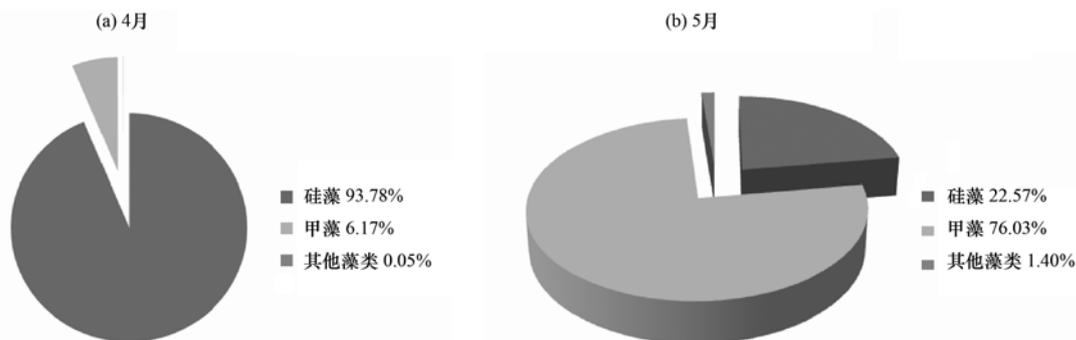


图 2 2010 年 4、5 月调查海域浮游植物群落组成结构图

Fig. 2 Community structure of phytoplankton in the researched area in April and May, 2010

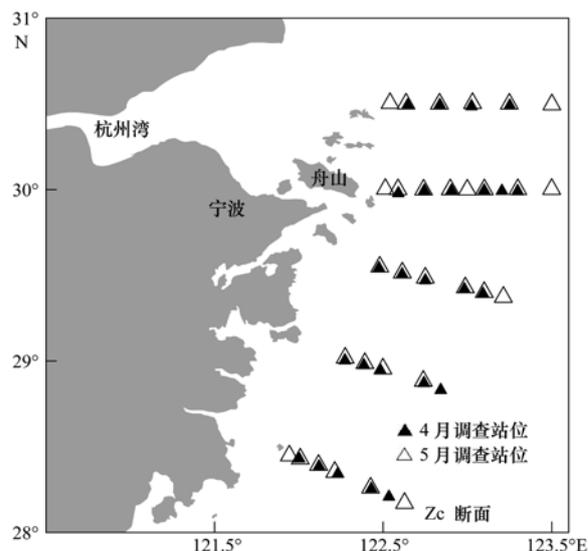


图 1 调查站位

Fig. 1 Sampling stations

藻种演替情况

依据 2010 年 4、5 月调查期间东海赤潮高发区表层叶绿素的浓度和浮游植物细胞密度数据,分析了该海区的赤潮生消及优势藻种演替情况。4 月调查海区表层叶绿素浓度平均值为 $2.45 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$,此时赤潮尚未大规模形成,为赤潮暴发前期;5 月表层叶绿素浓度平均值上升至 $4.2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$,甲藻赤潮在调查海区大规模暴发,为甲藻赤潮的暴发和维持阶段。图 2 为调查海区浮游植物群落组成结构图,4 月硅藻为优势藻种,占整个浮游植物群落的百分比为 93.78%,甲藻仅占 6.17%;5 月硅藻百分比下降至 22.57%,甲藻以 76.03% 的比例成为此时的优势藻种。

2.2 赤潮发生前后生源要素的浓度变化特征

表 1 列出了调查海域 2010 年 4、5 月两个航次生源要素的平均浓度和变化范围。结果表明,与 4 月赤潮暴发前期相比,5 月甲藻赤潮暴发期调查海域 DIN、 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 及 DO 的平均浓度明显下降,

SiO_3^{2-} -Si 的浓度却有所升高. 4 月 DIN 、 PO_4^{3-} -P 和 SiO_3^{2-} -Si 的平均浓度分别为 (18.04 ± 10.44) 、 (0.47 ± 0.28) 、 $(16.15 \pm 7.96) \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 与国家一类海水水质 (DIN : $14.29 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, PO_4^{3-} -P: $0.47 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)^[16] 相比, PO_4^{3-} -P 的超标率为 52%, DIN 的超标率为 33%, 水体处于富营养化状态. 5 月各项营养盐的浓度与 4 月相比, 发生了明显的变化: DIN 平均值由 $18.04 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 降至 $10.79 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 下降幅度为 40%; PO_4^{3-} -P 平均值由 $0.47 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 降至 $0.27 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 下降幅度为 43%; 而 SiO_3^{2-} -Si 平均值由 $16.15 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 上升至 $16.96 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 上升幅度为 5%. DO 平均值则由 $8.76 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 下降至 $6.09 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 下降幅度为 30%. 可见在东海赤潮高发区赤潮暴发前后, 生源要素的浓度发生了明显的变化.

结合 4、5 月调查海区表层叶绿素浓度分析, 4 月叶绿素浓度较低, 赤潮尚未大规模暴发; 5 月叶绿素浓度大幅上升, 赤潮大面积暴发, 以东海原甲藻为主要赤潮藻种, 由此可推测出是甲藻的大量繁殖消耗了过多的营养盐, 导致 DIN 、 PO_4^{3-} -P 浓度下降. 由于甲藻在繁殖过程中不消耗 SiO_3^{2-} -Si (仅夹杂的硅藻消耗少量 SiO_3^{2-} -Si), 且 5 月长江进入丰水期,

SiO_3^{2-} -Si 通量随长江径流量的增加而增大^[17~18], 所以与 4 月相比, SiO_3^{2-} -Si 的浓度变化不大. 5 月 DO 浓度出现明显的下降, 由后文的分析可知, 由于温度对 DO 的影响大于浮游植物光合作用的影响, 且底层浮游植物分解需要消耗大量的氧气, 使 5 月 DO 浓度出现明显的下降. 其中, 5 月表层 DO 最低值为 $3.80 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 由温、盐断面分布可知 (图 3), 此处由于上升流的存在使得表层 DO 浓度偏低.

此外, 调查海域 4、5 月 PO_4^{3-} -P 和 SiO_3^{2-} -Si 不同水层之间营养盐浓度也出现一定的差异性: 表层和底层的营养盐浓度较高, 中层营养盐浓度较低. 具体而言, 4 月 PO_4^{3-} -P 底层最高, 表层其次, 中层最低; 5 月 PO_4^{3-} -P 底层最高, 中层其次, 表层最低. 4 月 SiO_3^{2-} -Si 表层最高, 底层其次, 中层最低; 5 月 SiO_3^{2-} -Si 表、中、底层依次降低. 造成这一现象的主要原因是调查海域表层海水受到营养盐丰富的陆源冲淡水的补充; 底层海水则是由于海底沉积物界面间的营养盐释放作用^[19] 以及高盐高营养盐的外海海水的入侵, 如台湾暖流^[20]、上升流等; 中层海水营养盐浓度较低则是由于中层水样主要取自叶绿素跃层, 浮游植物生长对营养盐的消耗起到了重要的作用.

表 1 2010 年 4、5 月份调查海区各项生源要素的平均浓度和变化范围

Table 1 Concentrations and ranges of nutrients and DO in April and May in 2010

月份 层次	$\text{DIN}/\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$		$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}/\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$		$\text{SiO}_3^{2-}\text{-Si}/\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$		$\text{DO}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$		
	平均值 \pm S. D.	浓度范围	平均值 \pm S. D.	浓度范围	平均值 \pm S. D.	浓度范围	平均值 \pm S. D.	浓度范围	
4 月	表层	20.20 ± 11.02	5.72 ~ 38.17	0.43 ± 0.31	0.05 ~ 0.90	17.71 ± 9.54	2.20 ~ 33.22	9.28 ± 0.37	8.50 ~ 10.15
	中层	18.51 ± 11.16	4.99 ~ 39.52	0.40 ± 0.31	0.04 ~ 0.88	15.33 ± 8.83	4.58 ~ 31.63	9.16 ± 0.45	7.85 ~ 10.07
	底层	15.40 ± 8.81	6.82 ~ 39.82	0.57 ± 0.20	0.31 ~ 1.27	15.41 ± 4.77	9.76 ~ 29.04	7.76 ± 1.04	5.93 ~ 9.46
	水柱平均	18.04 ± 10.44	4.99 ~ 38.82	0.47 ± 0.28	0.04 ~ 1.27	16.15 ± 7.96	2.20 ~ 33.22	8.71 ± 0.98	5.93 ~ 10.15
5 月	表层	11.82 ± 7.11	3.33 ~ 28.54	0.11 ± 0.06	0.04 ~ 0.32	19.02 ± 4.96	9.49 ~ 27.04	7.28 ± 0.97	3.80 ~ 9.00
	中层	11.38 ± 6.37	2.43 ~ 27.24	0.13 ± 0.11	0.05 ~ 0.59	17.59 ± 5.16	7.47 ~ 26.72	6.50 ± 1.09	3.35 ~ 8.27
	底层	9.42 ± 3.45	5.95 ~ 20.61	0.56 ± 0.16	0.12 ~ 0.77	14.40 ± 2.83	9.04 ~ 22.20	4.36 ± 0.63	2.70 ~ 5.84
	水柱平均	10.79 ± 5.85	2.43 ~ 28.54	0.27 ± 0.24	0.04 ~ 0.77	16.96 ± 4.76	7.47 ~ 27.04	8.29 ± 0.15	7.89 ~ 8.54

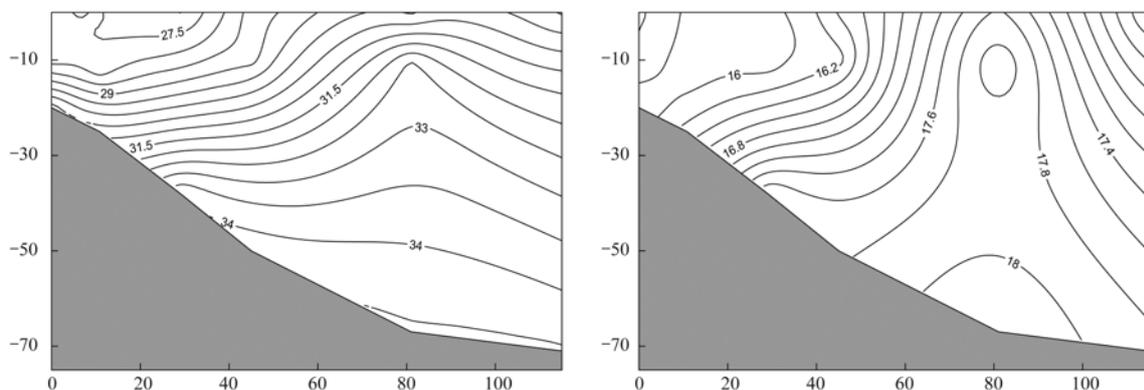


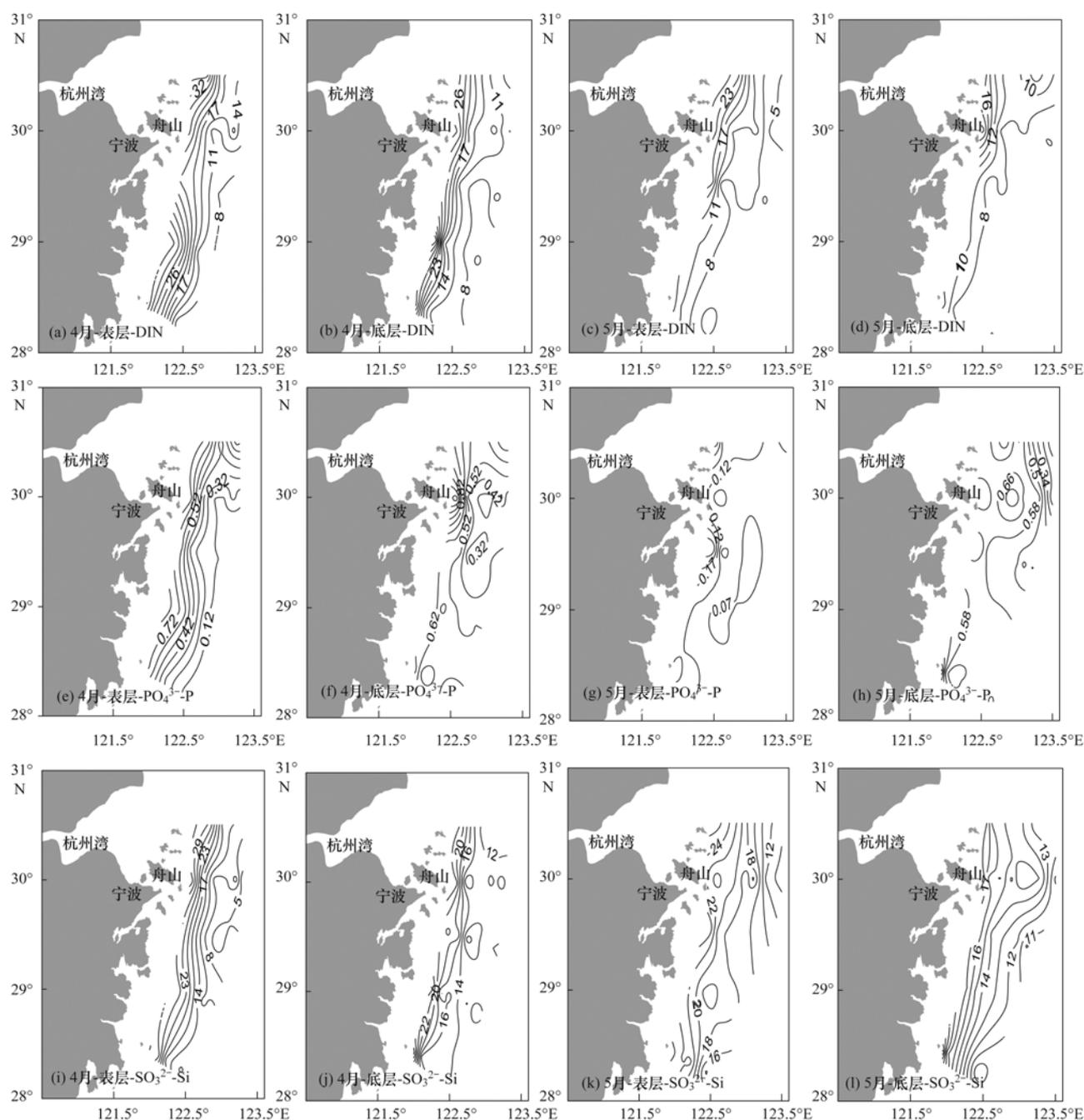
图 3 2010 年 5 月调查海域 Zc 断面温、盐断面分布示意

Fig. 3 Vertical distribution of temperature and salinity of Zc section in the researched area in May, 2010

2.3 调查海域赤潮发生后生源要素的平面分布特征

图4(a)~4(d)为调查海域4、5月DIN的平面分布. 从中可以看出,4月赤潮暴发前期,各层DIN浓度整体上呈现近岸较高、外海较低的趋势,近岸侧DIN浓度最高值达 $38\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$,其浓度数值超过了国家一类海水水质标准(DIN: $14.29\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)^[16],处于富营养化状态. 从盐度分布可以看出[图5(e)~5(h)],近岸海水盐度明显偏低,DIN浓度近岸较高的主要原因来源于陆源输入的影响^[21,22]. 同时可以看出,4月调查海域DIN浓度南

北差异不大,等值线走向与海岸线几乎平行. 至5月赤潮暴发期,各层DIN浓度均出现了明显的下降,近岸侧DIN浓度最高值降至 $26\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$. 5月份调查海域正值甲藻赤潮暴发期,甲藻的大量繁殖消耗了表层过多DIN,使得表层DIN浓度下降,可见赤潮生物对DIN具有强烈的消耗作用. 而且5月份调查海域北部DIN浓度明显高于南部,南部近岸侧DIN浓度最高值降至 $14\ \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$. 这主要是因为调查海域北部受到长江冲淡水的补充,从盐度分布也可以看出[图5(g)、5(h)]5月调查海区北部海水盐度较低,使得DIN浓度较高,北部仍处于较高



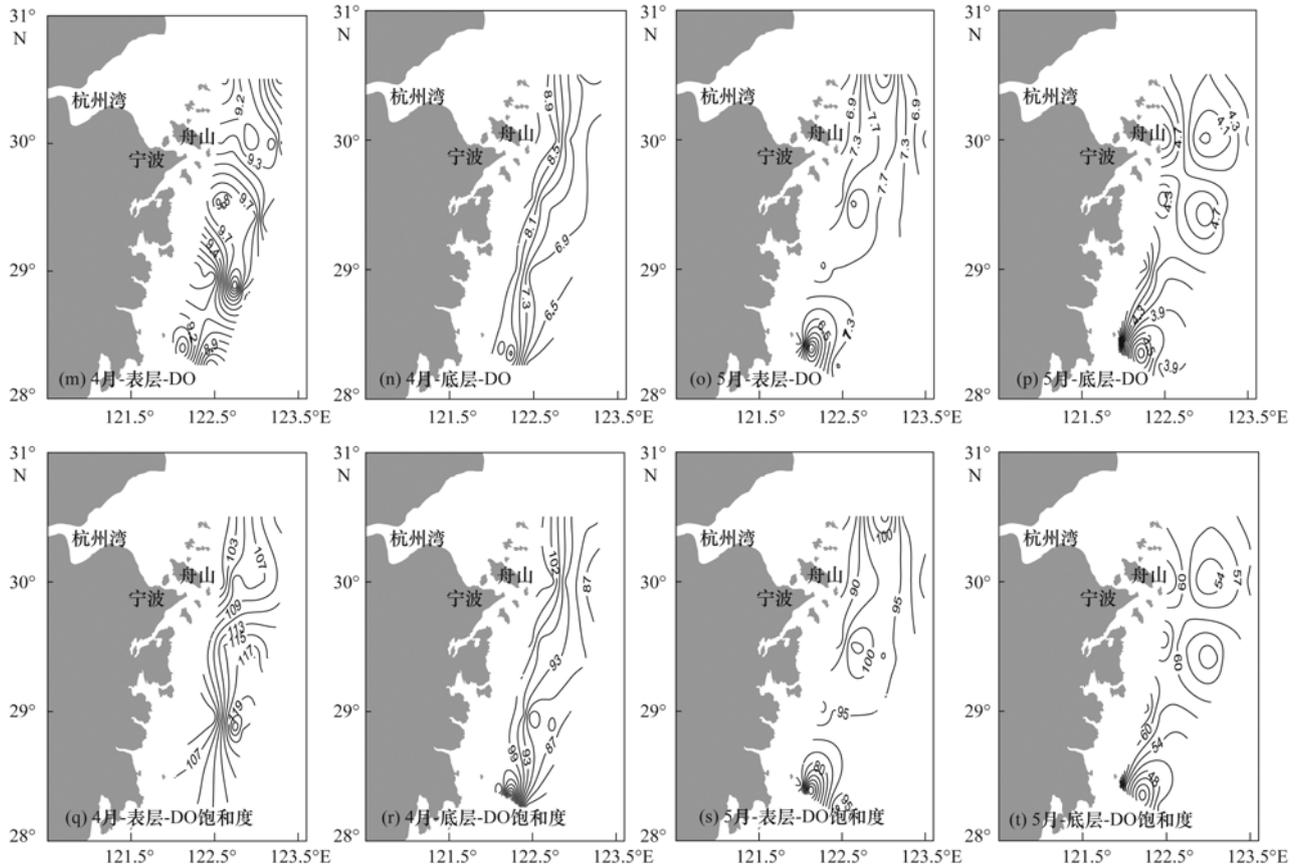


图4 2010年4、5月调查海域表、底层营养盐、溶解氧及溶解氧饱和度平面分布示意

Fig. 4 Horizontal distribution of nutrients, DO and oxygen saturation of surface and bottom layer in the researched area in April and May, 2010

的富营养化状态. 而南部海域, 结合5月的赤潮资料(表层叶绿素含量北低南高, 且均在调查海域南端的近岸侧出现高值)可推测出, 浮游植物的大量消耗使得海区南端表层 DIN 浓度出现了大幅度的下降. 5月底层 DIN 浓度下降幅度也较大, 由 Zc 断面分布(图3)可知5月调查海区存在上升流, 上升流的混合作用使得表、底层海水混合, 底层受表层较低浓度 DIN 海水的影响^[23], 其 DIN 浓度也较低.

图4(e)~4(h)为调查海域4、5月 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 的平面分布. 从中可以看出, 4月赤潮暴发前期, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 的表层分布与 DIN 的平面分布几乎一致, 整体上仍呈现近岸浓度较高、外海浓度较低的趋势, 近岸侧 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 浓度最高值达 $0.9 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 其浓度数值超过了国家一类海水水质标准 ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$: $0.47 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)^[16], 处于富营养化状态. 且 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 浓度南北差异不大, 等值线走向与海岸线几乎平行. 4月底层 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 浓度却与4月 DIN 明显不同, 南北 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 浓度出现差异, 北部 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 等值线呈以舟山群岛为中心的扇形分布, 且底层 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 浓度高于表层. 这主要是含有丰富 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 的台湾暖流从

中底层对调查海区的输送导致了底层 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 浓度较高^[24]. 至5月赤潮暴发期, 表层 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 浓度下降明显, 近岸侧 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 浓度最高值降至 $0.5 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 与表层 DIN 浓度下降的原因类似, 甲藻的大量繁殖消耗了表层的 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, 使其浓度大幅降低. 底层由于未受到表层浮游植物吸收的影响, 又受到台湾暖流的补充, 加之底层沉积物的释放作用, 使得底层 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 浓度与4月相比差别不大.

图4(i)~4(l)为调查海域4、5月 $\text{SiO}_3^{2-}\text{-Si}$ 的平面分布. 从中可以看出, 调查海域4、5月各层 $\text{SiO}_3^{2-}\text{-Si}$ 整体上均呈现近岸浓度较高、外海浓度较低的趋势, 近岸侧 $\text{SiO}_3^{2-}\text{-Si}$ 浓度最高值达 $30 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 并且4、5月南北 $\text{SiO}_3^{2-}\text{-Si}$ 浓度差异不大, 等值线与海岸线几乎平行. 调查海域4、5月赤潮暴发前后 $\text{SiO}_3^{2-}\text{-Si}$ 浓度整体差异不大, $\text{SiO}_3^{2-}\text{-Si}$ 浓度由4月的 $16.15 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 升至5月 $16.96 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 赤潮暴发期与暴发前相比, 仅出现小幅度的上升(上升幅度为5%). 这是由于5月正值甲藻赤潮暴发期, 甲藻在繁殖过程中不消耗 $\text{SiO}_3^{2-}\text{-Si}$ (仅夹杂的硅藻有少量消耗), 加之长江冲淡水的补

充,使得调查海区4、5月 SiO_3^{2-} -Si浓度变化不大.

图4(m)~4(p)为调查海域4、5月DO的平面分布.4月DO浓度范围为 $5.93 \sim 10.15 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,平均值为 $8.76 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.4月表层DO浓度较高,平均值为 $9.28 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,且浓度梯度较小.表层DO浓度在北部杭州湾口附近区域由近岸向远海逐渐升高,且在调查海域中部远岸地区存在一高值区,其DO浓度达到 $10.15 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.结合调查资料分析,4月此高值区表层浮游植物含量较高,且由4月表层溶解氧饱和度分布[图4(q)]也可以看出,此高值区溶解氧饱和度大于100%,因此可以推测浮游植物光合作用产生大量氧气^[25~27],使得此处水体中DO浓度较高.而从4月DO底层分布可以看出,底层DO分布受温度影响非常明显[图5(b)],近岸高远海低,平均含量为 $7.76 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.调查海域DO浓度表层高底层低的分布趋势,可能是由于表层浮游植物光合作用强烈,产生大量的氧气,造

成了调查海域在4月赤潮暴发前期溶解氧浓度表层大于底层.

从5月的DO分布可以看出,调查海域5月DO浓度范围为 $2.70 \sim 9.00 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,平均值为 $6.09 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.与4月赤潮暴发前期相比,出现了明显的下降.尽管5月调查海区赤潮大面积暴发,表层浮游植物光合作用产生氧气,但5月海水温度升高,氧气在水中的溶解度随水温的升高而降低,由5月表层溶解氧饱和度分布可以看出[图4(s)],大部分站位表层溶解氧饱和度小于100%,说明表层海水温度对DO的影响大于浮游植物光合作用产生的氧气,使得5月表层DO浓度降低.且5月底层DO浓度明显低于表层,这是由于底层浮游植物分解需要消耗大量氧气,由5月底层溶解氧饱和度分布也可以看出[图5(t)],调查海区底层溶解氧饱和度均小于100%,说明氧气的消耗量远大于生产量,因此底层DO浓度明显小于表层.

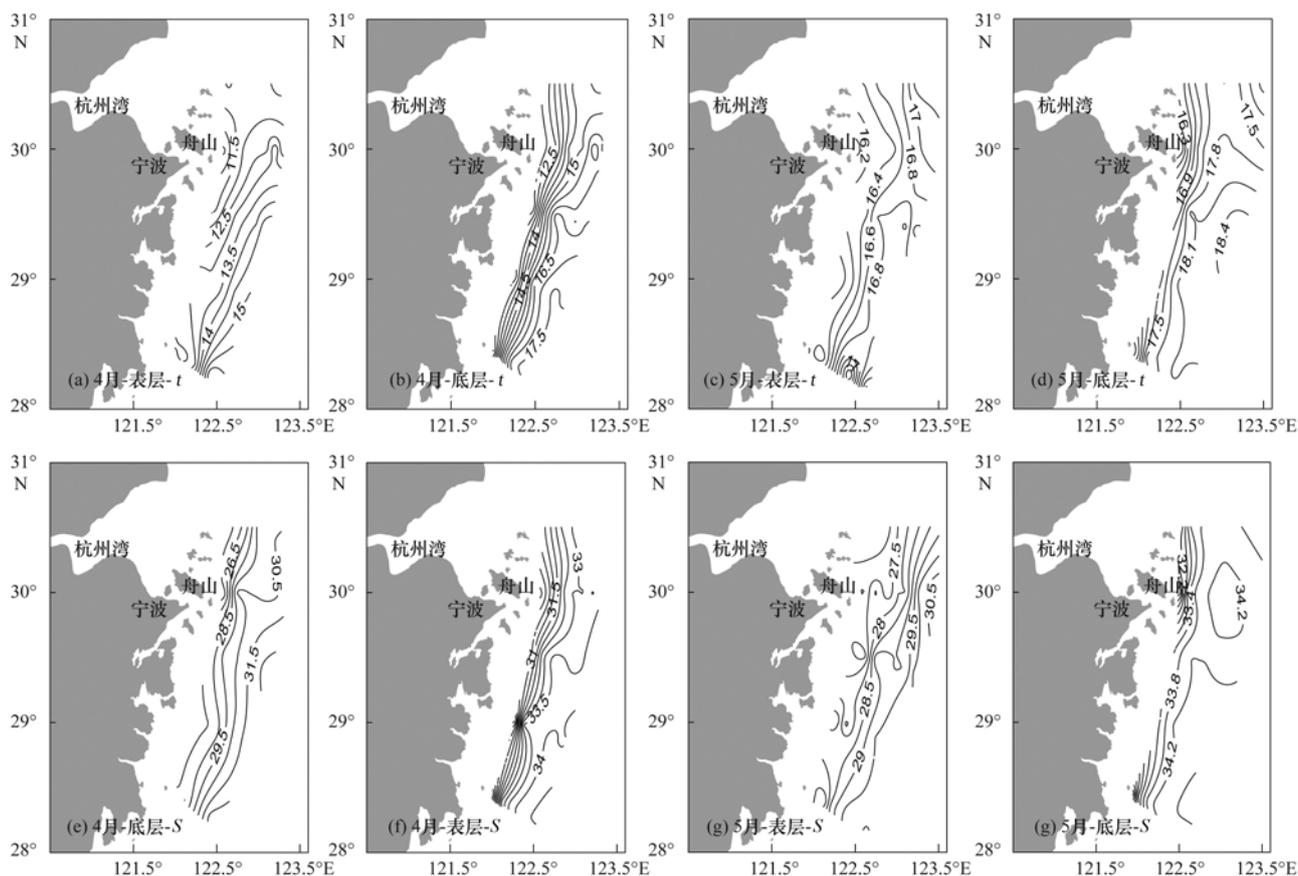


图5 2010年4、5月调查海域表、底层温度、盐度水平分布示意

Fig. 5 Horizontal distribution of temperature and salinity of surface and bottom layer in the researched area in April and May, 2010

3 结论

(1) 2010年春季东海赤潮高发区赤潮发生前

后溶解态无机营养盐的浓度变化:与4月赤潮暴发前期相比,5月DIN和 PO_4^{3-} -P浓度大幅降低,尤其是表层,调查海区5月正值甲藻赤潮暴发期,表层甲

藻的大量繁殖消耗了过多的 DIN 和 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$,使其浓度大幅下降。而 4、5 月 $\text{SiO}_3^{2-}\text{-Si}$ 浓度变化不大,5 月赤潮暴发期与赤潮暴发前期相比稍有上升,这主要是由于甲藻在繁殖过程中不消耗 $\text{SiO}_3^{2-}\text{-Si}$ (仅夹杂的硅藻有少量消耗),加之长江冲淡水的补充,使得 $\text{SiO}_3^{2-}\text{-Si}$ 浓度在赤潮前后变化不大。

(2) 2010 年春季东海赤潮高发区赤潮发生前后 DO 的浓度变化: DO 平均值由 4 月的 $8.76 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 下降至 5 月的 $6.09 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,且表、中、底各层 DO 浓度均出现下降趋势,表层 DO 浓度下降是由于 5 月水温对 DO 的影响大于表层浮游植物光合作用的影响,尽管浮游植物光合作用产生氧气,但 5 月水温较 4 月高,使 DO 在水中的溶解度下降,造成表层 DO 浓度较 4 月低。底层浮游植物的分解又消耗大量氧气,使得 5 月底层 DO 浓度比表层更低。

致谢: 在采样过程中,得到了“润江 1 号”上的全体工作人员的支持与帮助,谨致谢忱!

参考文献:

- [1] 申力, 许惠平, 吴萍. 长江口及东海赤潮海洋环境特征综合探讨[J]. 海洋环境科学, 2010, **29**(5): 631-635.
- [2] Wang B D. Cultural eutrophication in the Changjiang (Yangtze River) plume: history and perspective[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1996, **69**(3-4): 474-477.
- [3] 张传松, 王修林, 石晓勇, 等. 东海赤潮高发区营养盐时空分布特征及其与赤潮的关系[J]. 环境科学, 2007, **28**(11): 2416-2424.
- [4] 王金辉. 长江口邻近水域的赤潮生物[J]. 海洋环境科学, 2002, **21**(2): 37-41.
- [5] 黄良民, 黄小平, 宋星宇, 等. 我国近海赤潮多发区域及其生态学特征[J]. 生态科学, 2003, **22**(3): 252-256.
- [6] 苏纪兰. 中国的赤潮研究[J]. 中国科学院院刊, 2001, **16**(5): 339-342.
- [7] 刘录三, 李子成, 周娟, 等. 长江口及其邻近海域赤潮时空分布研究[J]. 环境科学, 2011, **32**(9): 2497-2504.
- [8] 周名江, 朱明远, 张经. 中国赤潮的发生趋势和研究进展[J]. 生命科学, 2001, **13**(2): 54-59, 53.
- [9] 盛菊江, 范德江, 杨东方, 等. 长江口及其邻近海域沉积物重金属分布特征和环境质量评价[J]. 环境科学, 2008, **29**(9): 2405-2412.
- [10] 王金辉, 黄秀清, 刘阿成, 等. 长江口及邻近水域的生物多样性变化趋势分析[J]. 海洋通报, 2004, **23**(1): 32-39.
- [11] 李红山, 黎松强. 赤潮形成与富营养化及生化防治机理——污水深度处理与脱氮除磷[J]. 海洋技术, 2002, **21**(2): 9-73.
- [12] 孙冷, 黄朝迎. 赤潮及其影响[J]. 灾害学, 1999, **1**(2): 51-54.
- [13] Garrett M, Wolny J, Truby E, et al. Harmful algal bloom species and phosphate-processing effluent: field and laboratory studies[J]. Harmful Algal Bloom, 2011, **62**(3): 596-601.
- [14] 张传松, 王江涛, 朱德弟, 等. 2005 年春季东海赤潮过程中营养盐作用初探[J]. 海洋学报, 2008, **30**(2): 153-159.
- [15] 林昱. 甲藻赤潮与水体中营养盐的关系初探[J]. 台湾海峡, 2001, **20**(1): 77-79.
- [16] 国家环境保护局. 海水水质标准(GB 3097.1997)[S]. 北京: 海洋出版社, 1997.
- [17] 刘新成, 沈焕庭, 黄清辉. 长江入河口区生源要素的浓度变化及通量估算[J]. 海洋与湖沼, 2002, **33**(3): 332-340.
- [18] Li M T, K Q, Watanabf M, et al. Long-term variations in dissolved silicate, nitrogen, and phosphorus flux from the Yangtze River into the East China Sea and impacts on estuarine ecosystem[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2007, **71**(1-2): 3-12.
- [19] 戚晓红, 刘素美, 张经, 等. 东海赤潮高发区沉积物中营养盐再生速率的研究[J]. 应用生态学报, 2003, **14**(7): 1112-1116.
- [20] 赵保仁, 任广法, 曹德明, 等. 长江口上升流海区的生态环境特征[J]. 海洋与湖沼, 2001, **32**(3): 327-333.
- [21] 刘亚林, 刘洁生, 俞志明, 等. 陆源输入营养盐对赤潮形成的影响[J]. 海洋科学, 2007, **30**(6): 66-72.
- [22] 齐雨藻, 邹景忠, 梁松. 中国沿海赤潮[M]. 北京: 科学出版社, 2003. 425.
- [23] 裴绍峰, 沈志良. 长江口上升流区营养盐的分布及其通量的初步估算[J]. 海洋科学, 2008, **32**(9): 64-70, 75.
- [24] Chung S W, Jan S, Liu K K. Nutrient fluxes through the Taiwan Strait in spring and summer 1999[J]. Journal of Oceanography, 2001, **57**(1): 47-53.
- [25] 卢勇, 李宏亮, 陈建芳, 等. 长江口及邻近海域表层水体溶解氧饱和度的季节变化和特征[J]. 海洋学研究, 2011, **29**(3): 71-77.
- [26] 石晓勇, 陆茸, 张传松, 等. 长江口邻近海域溶解氧分布特征及主要影响因素[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2006, **36**(2): 287-290.
- [27] 张竹琦. 黄海和东海北部夏季底层溶解氧最大值和最小值特征分析[J]. 海洋通报, 1990, **9**(4): 22-26.

CONTENTS

Concentrations and Ozone Formation Potentials of BTEX During 2008-2010 in Urban Beijing, China	CAO Han-yu, PAN Yue-peng, WANG Hui, <i>et al.</i> (2065)
Aging and Mixing State of Particulate Matter During Aerosol Pollution Episode in Autumn Shanghai Using a Single Particle Aerosol Mass Spectrometer (SPAMS)	MU Ying-ying, LOU Sheng-rong, CHEN Chang-hong, <i>et al.</i> (2071)
Chemical Characteristics and Source Assessment of Rainwater at Shenyang	ZHANG Lin-jing, ZHANG Xiu-ying, JIANG Hong, <i>et al.</i> (2081)
Variation of Atmospheric Pollutants in Qinhuangdao City	LIU Lu-ning, SHEN Yu-xuan, XIN Jin-yuan, <i>et al.</i> (2089)
NH ₃ , N ₂ O, CH ₄ and CO ₂ Emissions from Growing Process of Caged Broilers	ZHOU Zhong-kai, ZHU Zhi-ping, DONG Hong-min, <i>et al.</i> (2098)
Synergetic Effects of Silicon Carbide and Molecular Sieve Loaded Catalyst on Microwave Assisted Catalytic Oxidation of Toluene	WANG Xiao-hui, BO Long-li, LIU Hai-nan, <i>et al.</i> (2107)
Removal of Mixed Waste Gases by the Biotrickling Filter	ZHANG Ding-feng, FANG Jun-yi, YE Jie-xu, <i>et al.</i> (2116)
Decomposition of Carbon Disulfide by Pulse Corona Under Oxidizing and Reducing Atmosphere	JIN Sheng, HUANG Li-wei, LI Guo-ping (2121)
Effects of Simulated Elevation of Atmospheric CO ₂ Concentration on the Physiological Features of Spring Phytoplankton in Taihu Lake	ZHAO Xu-hui, TANG Long-sheng, SHI Xiao-li, <i>et al.</i> (2126)
A New Method for Estimation the Lake Quality Reference Condition	HUA Zu-lin, WANG Liang (2134)
Parameter Sensitivity Analysis of Runoff Simulation and Model Adaptability Research Based on HSPF	LI Yan, LI Zhao-fu, XI Qing (2139)
Study on Water Quality Monitoring Scheme Based on Non-Point Source Pollution	WU Xi-jun, LI Hui-en, LI Jia-ke, <i>et al.</i> (2146)
Characteristics of Nutrient Loss by Runoff in Sloping Arable Land of Yellow-brown Under Different Rainfall Intensities	CHEN Ling, LIU De-fu, SONG Lin-xu, <i>et al.</i> (2151)
Distribution of Dissolved Inorganic Nutrients and Dissolved Oxygen in the High Frequency Area of Harmful Algal Blooms in the East China Sea in Spring	LI Hong-mei, SHI Xiao-yong, CHEN Peng, <i>et al.</i> (2159)
Temporal-Spatial Distribution of Algal Cells During Drought Period in Daning River of Three Gorges	ZHANG Yong-sheng, ZHENG Bing-hui, WANG Kun, <i>et al.</i> (2166)
Bioavailability of Dissolved Organic Nitrogen Components in the Lake Sediment to Algae	FENG Wei-ying, ZHANG Sheng, JIAO Li-xin, <i>et al.</i> (2176)
Influence of Decomposition of <i>Cladophora</i> sp. on Phosphorus Concentrations and Forms in the Overlying Water	HOU Jin-zhi, WEI Quan, CAO Li, <i>et al.</i> (2184)
Phosphorus Exchange Between Suspended Solids Sediments Overlying Water Under Repeated Disturbance	LI Da-peng, WANG Jing, HUANG Yong (2191)
Distribution Characteristics of PBDEs in Surface Sediment from the Three Gorges Reservoir of Yangtze River	LI Kun, ZHAO Gao-feng, ZHOU Hui-dong, <i>et al.</i> (2198)
Study on UV and H ₂ O ₂ Combined Inactivation of <i>E. coli</i> in Drinking Water	ZHANG Yi-qing, ZHOU Ling-ling, ZHANG Yong-ji (2205)
Kinetics and Influencing Factors of Dimethyl Phthalate Degradation in Aqueous Solution by Ozonation	YU Li, ZHANG Pei-long, HOU Jia-cai, <i>et al.</i> (2210)
Effects of Nitrate Ion on Monomethylmercury Photodegradation in Water Body	MAO Wen, SUN Rong-guo, WANG Ding-yong, <i>et al.</i> (2218)
Chlorination of Ethynyl Estradiol: A Kinetic and Mechanistic Study	WANG Bin-nan, LIU Guo-qiang, KONG De-yang, <i>et al.</i> (2225)
Metal Ions Restrain the Elimination of 4- <i>tert</i> -Octylphenol by δ -MnO ₂	LI Fei-li, MOU Hua-qian (2232)
Removal of Bisphenol A in Aqueous Solutions by Core-shell Magnetic Molecularly Imprinted Polymers	LIU Jian-ming, LI Hong-hong, XIONG Zhen-hu (2240)
Research on Removal of Tetrabromobisphenol A from Synthetic Wastewater by Nanoscale Zero Valent Iron Supported on Organobentonite	YAN Meng-yue, PANG Zhi-hua, LI Xiao-ming, <i>et al.</i> (2249)
Measurement of Dissolved Organic Nitrogen with Nanofiltration Pretreatment and Its Distribution Characteristics in Landscape Water	YU Hong-lei, HUO Shou-liang, YANG Zhou-sheng, <i>et al.</i> (2256)
Preparation of a Novel Modified Hydrogel and Study of Its Adsorption Performance	WU Ning-mei, LI Zheng-kui (2263)
Photocatalytic Reductive Degradation of Direct Red 4BE by Posphotungstic Acid	WEI Hong, LI Ke-bin, LI Juan, <i>et al.</i> (2271)
Wastewater Treatment Using a Microbubble Aerated Biofilm Reactor	ZHANG Lei, LIU Ping, MA Jin, <i>et al.</i> (2277)
Research on Fenton Treatment of the Biochemical Processes Effluent of Bamboo Industry Wastewater	GUO Qing-wen, ZHANG Min, WANG Wei, <i>et al.</i> (2283)
Effect of Fe ²⁺ on Fermentation Hydrogen Production in an UASB	LI Yong-feng, WANG Yi-xuan, CHENG Guo-ling, <i>et al.</i> (2290)
Influence of Substrate Concentration on PHA Production Using Fermented Sugar Cane as Substrate	CHEN Zhi-qiang, DENG Yi, HUANG Long, <i>et al.</i> (2295)
Study on Rapid Start-up of a Nitrifying Process Using Aerobic Granular Sludge as Seed Sludge	LIU Wen-ru, SHEN Yao-liang, DING Ling-ling, <i>et al.</i> (2302)
Influencing Factors of High-Concentration Lead Removal Using the Phosphorus-Accumulating Sludge	YANG Min, LU Long, FENG Yong, <i>et al.</i> (2309)
Preliminary Study on Characteristics of Volumetric Oxygen Transfer Coefficient in Granular Sludge Systems	LI Zhi-hua, FAN Chang-qing, WANG Xiao-chang (2314)
Ecological Risk Assessment of Bisphenol A in Chinese Freshwaters	WANG Hao, FENG Cheng-lian, GUO Guang-hui, <i>et al.</i> (2319)
Species Sensitivity Evaluation of <i>Pseudorasbora parva</i>	WANG Xiao-nan, LIU Zheng-tao, YAN Zhen-guang, <i>et al.</i> (2329)
Comparison of Aquatic Predicted No-Effect Concentrations (PNECs) for Pentachlorophenol Derived from Different Assessment Approaches	LEI Bing-li, WEN Yu, WANG Yi-pei, <i>et al.</i> (2335)
Study on Hair Hg and Pb Content Distribution of Traffic Polices, Guilin	QIAN Jian-ping, ZHANG Li, LI Cheng-chao, <i>et al.</i> (2344)
Changes in Phototaxical Index of <i>Daphnia carinata</i> Under Electric Field of Direct Current in Response to Cr ⁶⁺ and Hg ²⁺	WANG Fei-xiang, YUAN Ling, HUANG Jian-guo (2350)
Effect of UV-B Radiation on the Chemical Composition and Subsequent Decomposition of <i>Cyclobalanopsis glauca</i> Leaf Litter	SONG Xin-zhang, BU Tao, ZHANG Shui-kui, <i>et al.</i> (2355)
Leaf Micro-morphology and Features in Adsorbing Air Suspended Particulate Matter and Accumulating Heavy Metals in Seven Tress Species	LIU Ling, FANG Yan-ming, WANG Shun-chang, <i>et al.</i> (2361)
Effect of Dissolved Oxygen on Microbial Community in Simultaneous Removal of Carbon, Nitrogen and Sulfur Process	YU Hao, CHEN Chuan, ZHANG Li, <i>et al.</i> (2368)
Microbial Activity and Community Structure Analysis Under the Different Land Use Patterns in Farmland Soils: Based on the Methods PLFA and MicroResp TM	CHEN Xiao-juan, WU Xiao-hong, LIU Shou-long, <i>et al.</i> (2375)
Effects of Drying-rewetting Alternation on Nitrogen Dynamics in a Typical Coastal Wetland: A Simulation Study	HAN Jian-gang, CAO Xue (2383)
Cadmium and Selected Heavy Metals in Soils of Jianping Area in Wushan County, the Three Gorges Region: Distribution and Source Recognition	LIU Yi-zhang, XIAO Tang-fu, NING Zeng-ping, <i>et al.</i> (2390)
Total Contents of Heavy Metals and Their Chemical Fractionation in Agricultural Soils at Different Locations of Beijing City	CHEN Zhi-fan, ZHAO Ye, GUO Ting-zhong, <i>et al.</i> (2399)
Influence of Season Change on the Level of Heavy Metals in Outdoor Settled Dusts in Different Functional Areas of Guiyang City	LI Xiao-yan (2407)
Characteristics of Dioxin-Like Polychlorinated Biphenyls Contamination in Soils of Gudao Region in Dongying	WANG Deng-ge, CUI Zhao-jie, FU Xiao-wen, <i>et al.</i> (2416)
Effects of Simulated Nitrogen Deposition on Organic Matter Leaching in Forest Soil	DUAN Lei, MA Xiao-xiao, YU De-xiang, <i>et al.</i> (2422)
<i>Ex-situ</i> Remediation of PAHs Contaminated Site by Successive Methyl- β -Cyclodextrin Enhanced Soil Washing	SUN Ming-ming, TENG Ying, LUO Yong-ming, <i>et al.</i> (2428)
Effects of <i>Bacillus mucilaginosus</i> on the Cd Content of Rhizosphere Soil and Enzymes in Soil of <i>Brassica juncea</i>	YANG Rong, LI Bo-wen, LIU Wei (2436)
Concentrations of Antibiotics in Vegetables from Manure-mended Farm	WU Xiao-lian, XIANG Lei, MO Ce-hui, <i>et al.</i> (2442)
Characteristics of Organic Nitrogen Mineralization in Organic Waste Compost-Amended Soil	ZHANG Xu, XI Bei-dou, ZHANG Yue, <i>et al.</i> (2448)
Characteristics and Influence Factors of the Energy Consumption and Pollutant Discharge of Municipal Solid Waste Transfer Stations in Beijing	WANG Zhao, LI Zhen-shan, FENG Ya-bin, <i>et al.</i> (2456)
Influence of Ammonia on Leaching Behaviors of Incineration Fly Ash and Its Geochemical Modeling	GUAN Zhen-zhen, CHEN De-zhen, Thomas Astrup (2464)
Pretreatment Technology for Fly Ash from MSWI and the Corresponding Study of Chloride Behavior	ZHU Fen-fen, Takaoka Masaki, Oshita Kazuyuki, <i>et al.</i> (2473)
Preparation, Characterization and Adsorption Performance of Mesoporous Activated Carbon with Acidic Groups	LI Kun-quan, LI Ye, ZHENG Zheng, <i>et al.</i> (2479)
Preliminary Assessment of the Potential of Biochar Technology in Mitigating the Greenhouse Effect in China	JIANG Zhi-xiang, ZHENG Hao, LI Feng-min, <i>et al.</i> (2486)
Research of Potassium Flow and Circulation Based on Substance Flow Analysis	BAI Hua, ZENG Si-yu, DONG Xin, <i>et al.</i> (2493)

《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)

2013年6月15日 34卷 第6期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 34 No. 6 Jun. 15, 2013

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: 90.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行