

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第34卷 第3期

Vol.34 No.3

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

BP网络框架下MODIS气溶胶光学厚度产品估算中国东部PM_{2.5} 郭建平, 吴业荣, 张小曳, 李小红 (817)

北京市近地层颗粒物浓度与气溶胶光学厚度相关性分析研究 林海峰, 辛金元, 张文煜, 王跃思, 刘子锐, 陈传雷 (826)

气象因素对长三角背景地区甲烷浓度的影响分析 浦静姣, 徐宏辉, 顾骏强, 马千里, 方双喜, 周凌晔 (835)

密闭化填埋作业条件下的场内恶臭污染分布情况与分析 路鹏, 吴世新, 戴志锋, 张晓辉, 苏昭辉, 周小飞, 代占国, 卢旭飞, 郑斌, 沈凯, 卫潘明 (842)

冬季中国东海海水中挥发性卤代烃的分布特征和海-气通量 何真, 陆小兰, 杨桂朋 (849)

2000~2010年大鹏湾颗粒有机物的年变化和年际变化 李绪录, 周毅频, 夏华永 (857)

渤海湾浮游植物与环境因子关系的多元分析 周然, 彭士涛, 覃雪波, 石洪华, 丁德文 (864)

青藏高原淡水湖泊水化学组成特征及其演化 王鹏, 尚英男, 沈立成, 伍坤宇, 肖琼 (874)

漳卫南运河流域非点源污染负荷估算及最佳管理措施优选 徐华山, 徐宗学, 刘品 (882)

面向对象的湖泊污染控制智能工程设计方法 邹锐, 周环, 刘永, 朱翔, 赵磊, 阳平坚, 郭怀成 (892)

九龙江口湿地植物凋落物对沉积物有机质赋存的贡献 罗专溪, 邱昭政, 王振红, 颜昌宙 (900)

修复达标土壤回填对地下水环境影响的层次化评估方法应用研究 钟茂生, 姜林, 姚珏君, 樊艳玲, 夏天翔, 李婷婷, 田美影 (907)

去除地下水中硝酸盐的渗透性反应墙研究 李秀利, 杨君君, 卢晓霞, 张姝, 侯珍 (914)

北京城区雨水管道沉积物污染负荷研究 李海燕, 徐波平, 徐尚玲, 崔爽 (919)

城市污水处理厂及其受纳水体中5种典型PPCPs的赋存特征和生态风险 温智皓, 段艳平, 孟祥周, 陈玲 (927)

城市景观娱乐水体微生物风险评价 孙博, 沙婧, 张一帆, 刘彦华 (933)

模拟曝气生物滤池去除邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯试验研究 李伟, 赵晶, 余健, 任文辉 (943)

膜生物反应器处理工业废水中膜污染及膜过滤特性研究 范举红, 余素林, 张培帅, 兰亚琼, 刘锐, 陈吕军 (950)

γ -Al₂O₃负载磷钨酸催化强化电化学法处理水中酸性大红3R的研究 岳琳, 王开红, 郭建博, 杨景亮, 刘宝友, 廉静, 王涛 (955)

活性炭催化过硫酸钠降解金橙G动力学 杨梅梅, 周少奇, 刘琳, 郑可 (962)

ABR反应器处理碱减量印染废水的启动研究 杨波, 钟启俊, 李方, 田晴 (968)

O₃-BAF深度处理制革废水中沿程污染物降解规律 余彬, 刘锐, 程家迪, 范举红, 李昌湖, 冉坤, 曹国华, 陈吕军 (974)

规模化猪场养殖废水UASB-SFSBR-MAP处理工艺中试研究 王亮, 陈重军, 陈英旭, 吴伟祥 (979)

连续流态下以城市污水培养好氧颗粒污泥及颗粒特性研究 牛姝, 段百川, 张祚薰, 刘士峰, 张家铭, 王聪, 周丹丹 (986)

乙酸/丙酸作为EBPR碳源的动力学模型研究(Ⅰ)——模型的建立 张超, 陈银广 (993)

乙酸/丙酸作为EBPR碳源的动力学模型研究(Ⅱ)——动力学模拟 张超, 陈银广 (998)

乙酸/丙酸作为EBPR碳源的动力学模型研究(Ⅲ)——模型的应用 张超, 陈银广 (1004)

三峡水库两条支流水-气界面CO₂、CH₄通量比较初探 李哲, 白镭, 郭劲松, 方芳, 蒋滔 (1008)

不同土地利用方式下土壤呼吸空间变异的影响因素 陈书涛, 刘巧辉, 胡正华, 刘艳, 任景全, 谢薇 (1017)

黄土区农田和草地生态系统土壤呼吸差异及其影响因素 周小刚, 张彦军, 南雅芳, 刘庆芳, 郭胜利 (1026)

层次化健康风险评估方法在苯污染场地的应用及效益评估 姜林, 钟茂生, 梁竞, 姚珏君, 夏天翔, 樊艳玲, 李敬东, 唐振强 (1034)

海州湾滩涂重金属污染的历史记录 张瑞, 张帆, 刘付程, 尹福军, 丁迎军, 高金荣, 陈晶, 邵威 (1044)

草海典型高原湿地表层沉积物重金属的积累、分布与污染评价 张清海, 林昌虎, 谭红, 林绍霞, 杨鸿波 (1055)

大金山岛土壤重金属污染评价及相关性分析 程芳, 程金平, 桑恒春, 于金莲, 席磊, 皮帅帅 (1062)

典型有色金属矿山城市小河流沉积物重金属形态分布及风险评估 李如忠, 姜艳敏, 潘成荣, 陈婧, 徐晶晶 (1067)

典型有色金属矿业城市零星菜地蔬菜重金属污染及健康风险评估 李如忠, 潘成荣, 徐晶晶, 陈婧, 姜艳敏 (1076)

城市表层土壤磁化率与重金属含量分布的相关性研究 陈秀端, 卢新卫, 杨光 (1086)

典型热带林地土壤团聚体颗粒中重金属的分布特征及其环境意义 龚仓, 徐殿斗, 成杭新, 任雅阁, 刘志明, 刘应汉, 刘飞, 聂海峰, 郑祥, 马玲玲 (1094)

生态沟渠底泥属性与磷吸附特性研究 张树楠, 贾兆月, 肖润林, 杨凤飞, 余红兵, 刘锋, 吴金水 (1101)

三峡库区澎溪河底泥及消落区土壤磷的形态及吸附特性研究 孙文彬, 杜斌, 赵秀兰, 何丙辉 (1107)

Triton X-100在黄土上的吸附行为及影响因素 钟金魁, 赵保卫, 朱琨, 钱小龙, 张杰西 (1114)

新疆哈密地区有机氯农药大气、土壤残留特征、气-土交换及潜在生态风险 马子龙, 毛潇萱, 丁中原, 高宏, 黄韬, 田慧, 郭强 (1120)

青海省西宁市与天峻县大气中得克隆与十溴联苯醚的水平与来源 何畅, 金军, 马召辉, 王英, 扎西卓玛, 马丽花 (1129)

太湖沉积物中多溴联苯醚和类二噁英多氯联苯的水平垂直分布 马召辉, 金军, 元奎奎, 王英, 姜霞, 何松浩, 李明圆 (1136)

典型电器工业区河涌沉积物中有机污染物特征分析 刘近, 邓代永, 许玫英, 孙国萍 (1142)

柴油轿车颗粒多环芳烃的排放特性 谭丕强, 周舟, 胡志远, 楼狄明 (1150)

机械炼焦过程生成飞灰中多环芳烃分布特征研究 牟玲, 彭林, 刘效峰, 白慧玲, 张建强 (1156)

污泥干化床与芦苇床稳定化污泥中多环芳烃的含量比较 崔玉波, 孙红杰, 冉春秋, 李金凤, 谢瑶 (1161)

固体添加剂对污泥焚烧过程中重金属迁移行为的影响 刘敬勇, 孙水裕, 陈涛 (1166)

铸造废砂的环境毒性研究 张海凤, 王玉珏, 王劲磷, 黄天佑, 熊鹰 (1174)

Cr⁶⁺生物可利用度检测的微生物全细胞传感器CB10的构建及其响应特征 侯启会, 马安周, 庄绪亮, 庄国强 (1181)

反硝化脱硫工艺中微生物群落结构及动态分析 于皓, 王爱杰, 陈川 (1190)

农业废物好氧堆肥中环境因子对nirK、nirS和nosZ数量的影响 胡春晓, 陈耀宁, 张嘉超, 唐聪, 曾光明 (1196)

蚯蚓体内过氧化物还原蛋白PRDX基因对土壤PAHs污染胁迫的转录响应 林康丽, 郑森林, 宋玉芳, 邱晓燕, 薛文玲 (1204)

有序介孔碳载金/L-赖氨酸/纳米金修饰电极的制备及其对邻苯二酚、对苯二酚的检测响应研究 周耀渝, 汤琳, 李贞, 刘媛媛, 杨贵德, 伍梦诗, 雷晓霞, 曾光明 (1211)

新建核电站风险信息沟通实证研究 贺桂珍, 吕永龙 (1218)

《环境科学》征订启事(942) 《环境科学》征稿简则(992) 信息(932, 949, 1061, 1210) 专辑征稿通知(1173)

2000 ~ 2010 年大鹏湾颗粒有机物的年变化和年际变化

李绪录¹, 周毅频², 夏华永¹

(1. 国家海洋局南海工程勘察中心, 广州 510300; 2. 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301)

摘要: 依据 2000 ~ 2010 年每月一次的调查资料, 简要描述和讨论了大鹏湾中颗粒有机物 (particulate organic matter, POM) 质量浓度的时空分布, 并结合叶绿素 a (chlorophyll a, Chl-a) 实测数据探讨 POM 的组成和滞留时间. 结果表明, 大鹏湾的水动力条件对 POM 的分布变化影响不大, POM 质量浓度为 $(1.1 \pm 0.8) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 与珠江口伶仃洋和大亚湾的差别不大, 但比南海北部的高. 在表层, POM 与 Chl-a 之间存在显著正相关, 浮游植物有机物 (phytoplankton POM, PPOM): Chl-a 比率为 $70 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ 左右, 由此估算的大鹏湾 PPOM 质量浓度为 $(0.31 \pm 0.39) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 约占 POM 的 28%. 由初级生产力 (primary productivity, PP) 和累计 POM (integrated POM, IPOM) 估算的大鹏湾中 POM 的滞留时间约为 6.5 d, 与东海南部沿岸陆架区 POC 的相近. 11 a 调查期间, PP 的年际变化略呈下降趋势, 而 POM 和 IPOM 的年际变化呈较明显的上升趋势, 暗示难降解的碎屑 POM 在大鹏湾中逐渐积累.

关键词: 大鹏湾; POM; 年变化和年际变化; 叶绿素 a; 初级生产力; 滞留时间

中图分类号: X55 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2013)03-0857-07

Intra- and Inter-annual Variabilities of Particulate Organic Matter in the Mirs Bay from 2000 to 2010

LI Xu-lu¹, ZHOU Yi-pin², XIA Hua-yong¹

(1. South China Sea Marine Engineering Surveying Center, State Oceanic Administration, Guangzhou 510300, China; 2. South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China)

Abstract: Based on the data obtained from monthly cruises from 2000 to 2010, temporal and spatial distributions of the particulate organic matter (POM) in the Mirs Bay were briefly presented and discussed. The POM composition and residence time were approached by combining with the chlorophyll a (Chl-a) measurements. It has been shown that the hydrodynamics in the Mirs Bay only pose a weak impact on the POM distributions. The POM concentration was $(1.1 \pm 0.8) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, which was not much different from those in both the Pearl River Estuary and the Daya Bay, but higher than that in the northern South China Sea. A notably positive correlation was found between the POM and Chl-a in the surface-water. The ratio of the phytoplankton POM (PPOM): Chl-a was about $70 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$, based on which the PPOM concentration was calculated to be $(0.31 \pm 0.39) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, accounting for about 28% of the POM. The primary productivity (PP) and integrated POM (IPOM) were used for estimating the POM residence time, which was found to be about 6.5 days in the Mirs Bay, close to that for POC in the coastal continental shelf waters in the southern East China Sea. During the 11-year investigation, the PP inter-annual variability showed a decreasing trend, but both the POM and IPOM underwent a trend of increase, which suggested that the refractory detritus POM had been gradually accumulated in the Mirs Bay.

Key words: Mirs Bay; POM; intra- and inter-annual variabilities; chlorophyll a; primary productivity; residence time

海水中的有机物主要来源于海洋生物及其生长繁殖过程的分泌产物、死亡后的尸骸、碎屑和分解产物等, 近岸中也有河流和地表径流带入的陆源有机物以及人为有机物. 它被划分为溶解有机物 (dissolved organic matter, DOM) 和颗粒有机物 (particulate organic matter, POM). 虽然海水中的 POM 约为 DOM 的 $1/10$ ^[1, 2], 但在海洋初级生产产品中 POM 与 DOM 的比值为 $5:1$ ^[3]. POM 不但作为生物食物链中一个重要的物质基础, 与海区的初级生产力密切相关, 是评价海洋资源的一个重要参数^[4], 而且还作为海水中碳固化和迁移输出的主要形式, 与其他海洋碳相之间的相互交换很活跃, 在大洋和边缘海的生物地球化学过程和碳循环中扮演着

重要的角色^[5]. 同时, POM 在痕量元素特别是金属元素的迁移、转化、清除等过程中均起着重要的作用^[6].

国际上, 对 POM 的研究已有近百年的历史^[7], 相关研究时有报道^[2, 8-14]. 20 世纪 80 年代开始, 我国学者也开展了诸多关于 POM 的调查研究^[4, 15-47]. 这些研究主要集中在我国边缘海陆架区^[4, 15-35], 而在河口^[36-39]和海湾^[40-47]较少. 在南海南部^[31-33]、北部^[34, 35]、珠江口^[37, 38]、海南西南

收稿日期: 2012-06-01; 修订日期: 2012-07-12

基金项目: 国家 908 专项 (908-02-02-03)

作者简介: 李绪录 (1960 ~), 男, 高级工程师, 主要研究方向为海洋化学, E-mail: benlixulu@sohu.com

近岸珊瑚礁^[39]和大亚湾^[47]也有一些相关的研究报告,但在大鹏湾这方面的研究尚为鲜见.此外,国内还缺少多年长时间系列的 POM 数据.

从 1986 年以来,香港环境保护署已实施综合调查项目以监测其管辖海域的水质,积累了大量资料.本研究利用其中 2000~2010 年每月一次的相关水质监测资料,探讨大鹏湾中 POM 的时空分布,并结合叶绿素 a (chlorophyll a, Chl-a) 的实测数据,从生物地球化学角度,探讨海洋浮游植物的初级生产力 (primary productivity, PP)、POM 的组成及其在海水中的驻留周期.

1 材料与方 法

1.1 研究海区和样品采集

大鹏湾是南海北部一个由南向北偏西嵌入陆地约 18 km 的半封闭海湾,西邻珠江口,东接大亚湾,隶属于香港特别行政区和深圳市.周边陆地为丘陵低山,沿岸河流短小,岸线长约 100 km,海域面积约为 320 km²,水深平均为 18 m,在大鹏湾西南部和赤门海峡最深,达 22 m.周边发达的经济和密集的人口产生大量工农业、第三产业和生活废水通过溪流和地面径流排放入海,大鹏湾接受了大量陆源物质输入.夏华永等^[48]根据大鹏湾的集水区估算了香港和深圳城市废水、雨水、海产养殖和船舶生活造成的进入大鹏湾的悬浮物、5 d 生化需氧量、总氮和总磷分别为 23 637、18 575、3 847 和 621 t·a⁻¹.这些污染物基本上都在近岸排放,对部分近岸水域造成了较大的影响.

海水样品由计算机控制的多瓶式采样器采集表、中、底层.表层指海面下 1 m 深的位置;中层指水深一半的位置;底层指距海底 1 m 深的位置.水深 < 4 m 时,只采集表层;水深 4~6 m 时,仅采集表、底层;水深 > 6 m 时,采集表、中、底层.具体采样站位见图 1.

1.2 要素测量

POM 由重量法^[49]测定.量取一定体积(视颗粒物的浓度而定)的水样,立即用预先在 450℃ 下灼烧 4 h 的 GF/F 玻璃纤维滤膜(直径:47 mm,孔径:0.7 μm)减压过滤,过滤膜样品置于 -20℃ 冷冻保存至实验室分析.在实验室中,将解冻后的膜样品置于温度为 105℃ 的电热恒温鼓风干燥箱中烘干 24 h.放置至室温后用电子天平称重.同一过滤膜样品置于温度为 550℃ 的马弗炉中灼烧 5 h,放置至室温后再用电子天平称其灰重.用灼烧前后的重量差结合

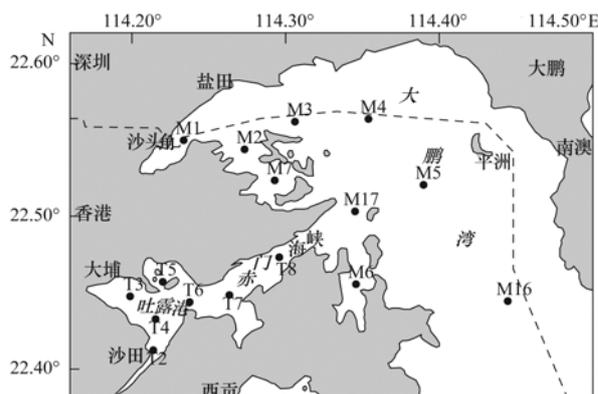


图 1 大鹏湾中水质监测站位

Fig. 1 Monitoring sites for water quality in the Mirs Bay

量取的水样体积,计算出样品中 POM 质量浓度 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$),其报告限为 $0.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Chl-a 的测量方法见文献^[50],其报告限为 $0.2 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

1.3 数据处理

依据所有的测量数据,应用 Excel 软件,求取各站水柱(包括表层、中层和底层)中 POM 每月多年的平均值,并选取 1、4、7 和 10 月代表冬、春、夏和秋季分析其水平分布的季节变化;求取表层、中层和底层 POM 各月多年的平均值分析其年变化;求取 POM 各航次的平均值分析其年际变化.另外,鉴于实验分析可能出现偶然误差,在进行回归分析时,设置了一个滤波器滤掉个别被认为是“偶然误差”的离散数点,被滤掉的数点控制在总数点的 0.5% 之内.

2 结果与讨论

2.1 POM 的时空分布

图 2 表示春、夏、秋和冬季各代表月大鹏湾中 POM 质量浓度多年平均的水平分布.可以看出,各季 POM 质量浓度的水平分布趋势基本一致,都是在吐露港和沙头角附近海域较高,而在湾的主区水域较低.春、夏、秋和冬季 POM 质量浓度的差别不大,变化范围分别为 $0.8\sim 2.0$ 、 $0.9\sim 2.1$ 、 $0.7\sim 1.7$ 和 $0.7\sim 1.9 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$;夏季较高,平均为 $1.3 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,春、秋、冬季较低,平均都为 $1.1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

图 3 表示大鹏湾中 POM 多年各月均值的年变化和航次均值的年际变化.从图 3(a)中可见,表层 POM 平均质量浓度的年变化特征是在 6~9 月明显较高,其他各月的变化波动不大,在 3 月最低,在 8 月最高.底层 POM 平均质量浓度全年各月的变化波动不大,最低值出现在 3 月,最高值出现在 7 月.

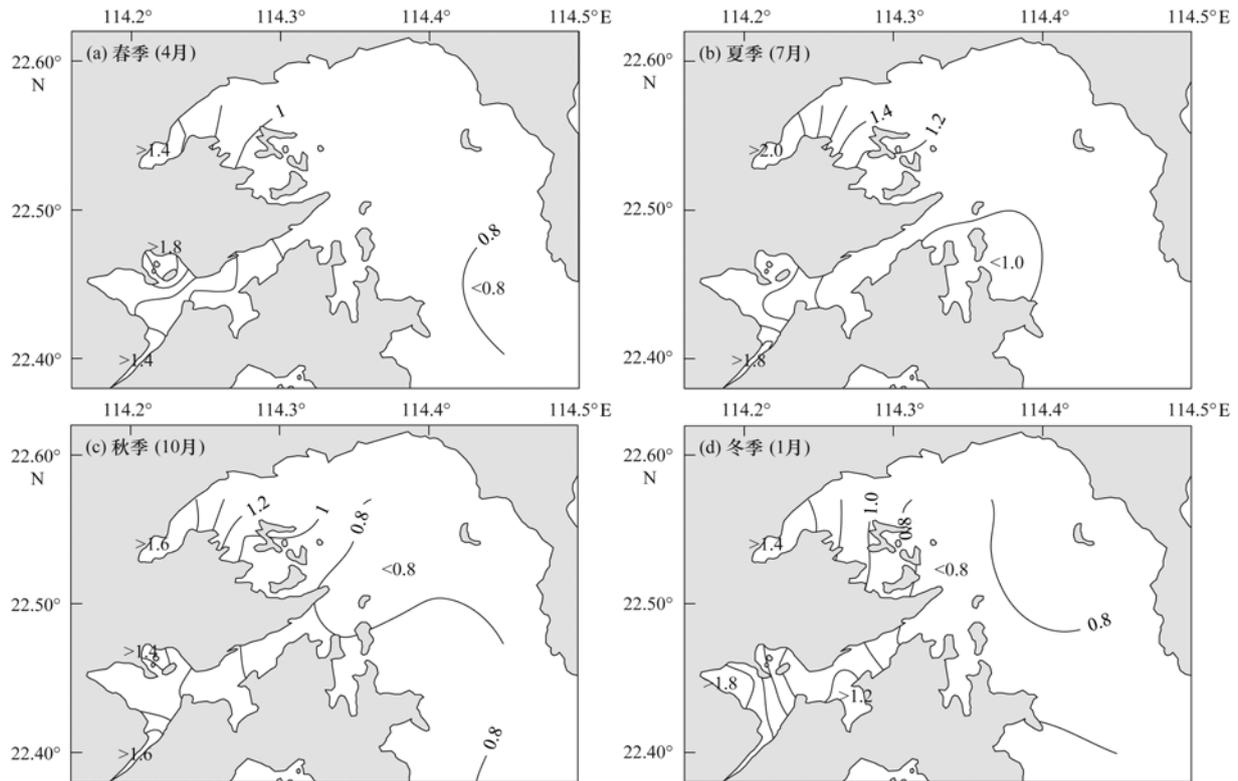
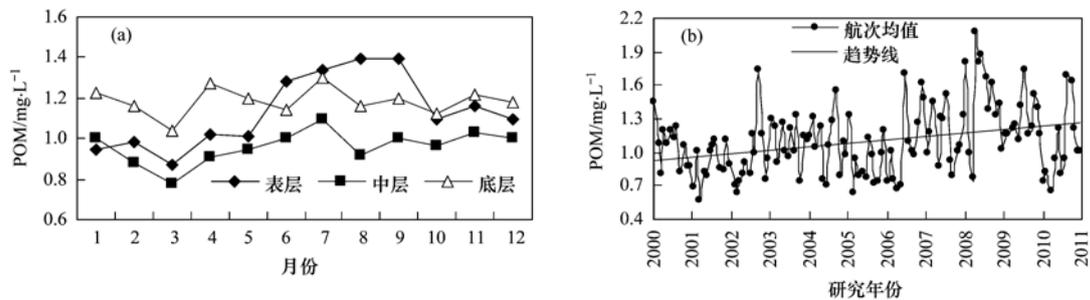


图2 大鹏湾中 POM 质量浓度多年平均的水平分布(单位: $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

Fig. 2 Multi-year averaged horizontal distribution of POM concentration in the Mirs Bay



(a) 多年各月均值的年变化; (b) 航次均值的年际变化

图3 大鹏湾中 POM 质量浓度的年变化和年际变化

Fig. 3 Intra- and inter-annual variabilities of POM concentration in the Mirs Bay

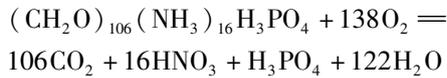
POM 质量浓度月均值除了在 6 ~ 9 月表层高于底层外,其他月份均为底层高于表层. POM 质量浓度航次均值的年际变化虽有些波动,但呈较明显上升趋势[图 3(b)].

综上所述,吐露港和沙头角附近海域的 POM 质量浓度较高,而在湾的主区水域较低,这与总溶解氮(total dissolved nitrogen, TDN)、溶解无机氮(dissolved inorganic nitrogen, DIN)、总溶解磷(total dissolved phosphorus, TDP)、溶解无机磷(dissolved inorganic phosphorus, DIP)和 Chl-a 质量浓度的分布趋势相一致^[50~52],主要是受到沿海城市香港和深圳

陆源排放的影响以及其特殊自然环境条件的限制所致. 这两个海域都属半封闭性水域,水动力条件差,水交换弱,陆源排放物难以向外扩散^[48],营养盐质量浓度终年较高^[51],给浮游生物生长提供了有利条件. 6 ~ 9 月表层 POM 质量浓度明显高于其他月份,反映了夏季和秋初大鹏湾中浮游生物生长繁殖茂盛. 11 a 调查期间, POM 质量浓度呈较明显上升趋势,这与 DIN、DIP、TDN、TDP 和 Chl-a 质量浓度的变化趋势相反^[50~52],可能反映了难降解的碎屑 POM 在大鹏湾中逐渐积累. 李绪录等^[53]的研究结果也表明 1998 ~ 2006 年大鹏湾表层沉积物中的总

有机碳(total organic carbon, TOC)含量呈上升趋势.

大鹏湾 POM 质量浓度为 $(0.11 \pm 0.8) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 其变异系数较小, 为 0.72, 说明它的时空分布较均匀, 水动力条件对它的分布变化影响不大. 为了便于比较, 依据 Redfield 等^[54] 提出的海洋中悬浮 POM 微生物降解过程模式:



将 POM 换算为 POC 质量浓度 $(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$. 表 1 列出大鹏湾中 POC 质量浓度与其他海域的比较. 大鹏湾 POC 质量浓度比珠江内河口^[37, 38]、长江口^[22, 27]、九龙江口^[46]和象山港海区^[40]的低, 比珠江口外^[37]、南海北部^[9, 34, 35]、南沙渚碧礁^[33]、台湾海峡^[4, 28]和黑潮^[27]的高, 而与珠江口伶仃洋^[37]、大亚湾^[47]、海南岛西南近岸珊瑚礁^[39]、胶州湾^[42]、罗源湾^[43]、厦门湾^[44]、南极普里兹湾^[55, 56]、渤海^[16]、黄海^[19]和东海^[25-27]的相近, 属高生产力海域.

表 1 大鹏湾中 POC 质量浓度与其他海域的比较

Table 1 POC concentration in the Mirs Bay and other zones

海域	$\rho[\text{POC}]/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	文献
大鹏湾	0.39 ± 0.23	本研究
大亚湾	0.44 (平均) ¹⁾	[47]
珠江内河口	$0.34 \sim 3.80$ ²⁾	[37, 38]
珠江口伶仃洋	$0.13 \sim 0.42$	[37]
珠江口外	$0.08 \sim 0.30$	[37]
海南西南近岸珊瑚礁	$0.14 \sim 0.49$	[39]
南海北部	$0.02 \sim 0.33$ ²⁾	[9, 34, 35]
南海南部	$0.03 \sim 0.12$	[32]
南海南沙永暑礁	$0.10 \sim 0.13$	[32]
南海南沙渚碧礁	0.12 (平均) ³⁾	[33]
台湾海峡	0.12 ± 0.01	[4]
厦门湾	$0.17 \sim 0.42$	[44]
九龙江河口	0.76 (平均)	[46]
长江口	$0.11 \sim 7.00$ ²⁾	[22, 27]
象山港海区	1.12 (平均)	[40]
罗源湾	$0.10 \sim 0.83$	[43]
胶州湾	$0.16 \sim 0.41$	[42]
东海	$0.02 \sim 4.13$	[25 ~ 27]
黄海	$0.10 \sim 2.82$	[19]
渤海	$0.15 \sim 2.06$	[16]
黑潮	$0.02 \sim 0.14$	[27]
南极普里兹湾	$0.01 \sim 1.12$ ²⁾	[55, 56]

1) 由平均碎屑 POC、浮游植物 POC 和浮游动物 POC 的现存总量及海水容积计算所得; 2) 包括相应的所有文献的范围; 3) 白昼和夜晚的平均值

2.2 POM 与 Chl-a 的关系

海水中 Chl-a 质量浓度是浮游植物现存量的代

表. 通过分析 POM 与 Chl-a 的相关关系, 可定量确定现存浮游植物对 POM 的贡献量, 这一部分被称为浮游植物 POM (phytoplankton POM, PPOM). 图 4 表示大鹏湾表层、中层和底层 POM 与 Chl-a 之间的线性回归分析结果. 由此可见, 表层和中层 POM 与 Chl-a 之间呈现显著正相关, 反映了浮游植物的现场生产是海水中 POM 的一个重要来源, 对大鹏湾中 POM 的贡献度较高. 线性趋势表示 Chl-a 与 POM 质量浓度之间密切对等. 回归线斜率 $\times 1000$ 可被认为是 PPOM: Chl-a 比率的平均值, 分别为表层 $70.1 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和中层 $61.5 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$. 底层 POM 与 Chl-a 之间的线性相关差 [图 4(c)], 这可能是受到沉积物中碎屑 POM 再悬浮的较大影响所致. 由表层水中的平均

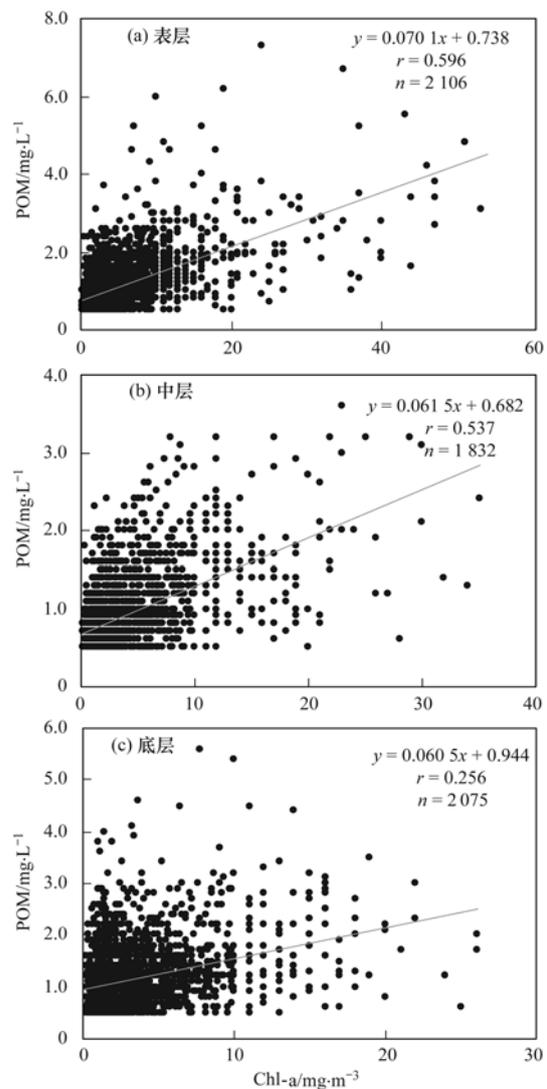


图 4 大鹏湾中表层、中层和底层 Chl-a 与 POM 之间的回归分析结果

Fig. 4 Regressions of chlorophyll a with POM in the surface-, middle- and bottom-waters of Mirs Bay

PPOM: Chl-a 比率, 结合 Chl-a 实测数据估算的大鹏湾中的 PPOM 质量浓度为 $(0.31 \pm 0.39) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 而其余的 POM 质量浓度为 $(0.79 \pm 0.71) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 与 Y 轴上的平均截距相当, 可代表无生命碎屑 POM 的质量浓度 (确切地说, 其中还包含小部分有生命的浮游动物 POM, 约占碎屑 POM 的 2%^[47]).

2.3 PP 与累积 POM (integrated POM, IPOM) 现存量

采用 Chl-a 法, 按照 Cadée 等^[57] 提出的简化公式计算 PP [以 C 表示, $\text{g} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{d})^{-1}$]. IPOM 现存量采

用积分法求得. 在吐露港和沙头角附近水域中 PP 较高, 在湾口至中部的海域 (M5 和 M16 站) 中较低, 平均为 $0.80 \text{ g} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{d})^{-1}$. IPOM 现存量基本上与水深成正比, 平均为 $12.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$. 图 5 表示大鹏湾中 PP 和 IPOM 现存量各航次均值的年际变化. 11 a 调查期间, PP 年际变化虽有波动, 但略呈下降趋势 [图 5(a)], 而 IPOM 现存量则呈较明显上升趋势 [图 5(b)]. 这进一步暗示难降解的碎屑 POM 在大鹏湾中逐渐积累.

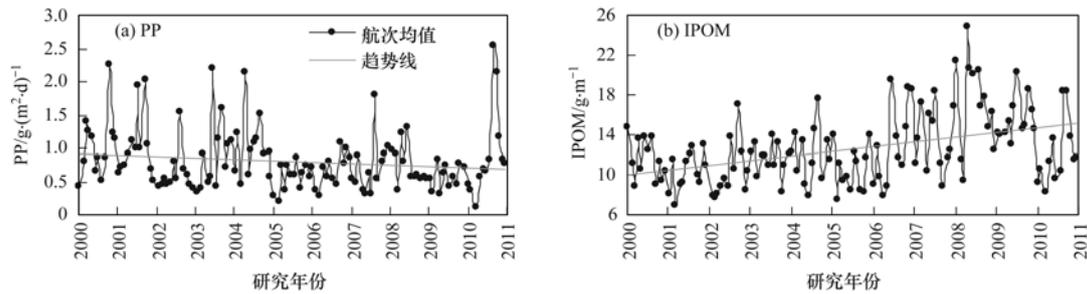


图 5 大鹏湾中 PP 和 IPOM 的年际变化

Fig. 5 Inter-annual variabilities of PP and IPOM in the Mirs Bay

2.4 POM 滞留时间 (POM residence time, T_{POM})

海洋中浮游植物生产一旦开始就面临被海洋动物摄食而被消耗, 浮游植物碎屑一旦出现又面临自溶和被细菌降解, 而有机物的腐殖质化过程也可把 DOM 部分转化为难降解碎屑 POM. 所以, T_{POM} 受到很多因素的影响. T_{POM} 可由水域中的 POM 现存量除以 POM 稳定输入量或输出量求出^[8]. 假定海洋环境中的 POM 都来自现场初级生产 (实际上还有小部分来自大气沉降和陆源输入), 那么 T_{POM} 可由水域中 IPOM 现存量除以 PP [以 C 表示, 即由以 C 表示的乘以转换系数 ($\times 3550/1272$)] 求得.

T_{POM} 在吐露港和沙头角附近水域中最短 (约 3.0 d), 在湾的中部至湾口水域 (M5 和 M16 站) 中最长 (12~14 d), 平均为 6.5 d, 与东海南部沿岸陆架水中 POC 滞留时间 (POC residence time, T_{POC}) 2~14 d^[8] 和东太平洋赤道 (150°W) 上升流区南北两端表层水中 T_{POC} 10~15 d^[12] 相近, 但比南沙永暑礁水域中 T_{POC} 17 d^[32] 和黑潮真光层中 T_{POC} 19 d^[8] 短. 韩舞鹰等^[47] 估算的大亚湾中碎屑 POC 的停留时间 (约 69 d) 要比大鹏湾中的 T_{POM} 长得多. 造成这种差异的根本原因是 T_{POM} 或 T_{POC} 由两类物质构成, 较短周转时间的不稳定物质和较长周转时间的难降解物质, 而本研究中的 T_{POM} 比韩舞鹰等多包含了较短周转时间的浮游植物. 依据 PP 和累积 PPOM 的现存量估算到大鹏湾浮游植物的周转时间约为 1.5 d.

吐露港和沙头角附近水域中的 T_{POM} 相当短, 一方面是由于水深较浅, 碎屑 POM 较易沉积至海底, 另一方面可能表明存在更有效的消耗, 可能是由于较强的摄食压力所致. 相反, 湾口至中部水域中的长 T_{POM} 是水深较大所致, 也可能表明该区域的摄食压力较低.

3 结论

(1) 大鹏湾的水动力条件对 POM 的分布变化影响较小. 由于受到沿岸陆源排放的影响, 大鹏湾中一年四季的 POM 质量浓度在吐露港和沙头角附近海域都较高, 而在湾的主区较低, 平均质量浓度为 $(1.1 \pm 0.8) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. 6~9 月表层 POM 质量浓度明显高于其他月份, 反映了夏季和秋初大鹏湾中浮游生物生长繁殖茂盛.

(2) 在表层和中层, POM 与 Chl-a 之间存在着显著正相关, 反映了浮游植物的现场生产对大鹏湾 POM 的贡献度较高. 表层平均 PPOM: Chl-a 比率为 $70.1 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$, 由此结合 Chl-a 质量浓度估算的大鹏湾 PPOM 质量浓度为 $(0.31 \pm 0.39) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 约占 POM 的 28%.

(3) 2000~2010 年调查期间, PP 的年际变化略呈下降趋势, 而 POM 质量浓度和 IPOM 现存量的年际变化呈较明显的上升趋势, 暗示难降解的碎屑 POM 在大鹏湾中逐渐积累.

(4)吐露港和沙头角附近水域中 T_{POM} 相当短,一方面是由于水深较浅,碎屑 POM 较易沉积至海底,另一方面可能表明存在更有效的消耗,可能是由于较强的摄食压力所致。相反,湾口至中部水域中的长 T_{POM} 是水深较大所致,也可能表明该区域的摄食压力较低。

致谢:感谢香港特别行政区环境保护署提供并允许使用相关数据。

参考文献:

- [1] 林荣根. 海洋有机物的降解动力学研究[J]. 海洋科学, 1996, **20**(5): 19-20.
- [2] Hung J J, Lin P L, Liu K K. Dissolved and particulate organic carbon in the southern East China Sea[J]. Continental Shelf Research, 2000, **20**(4): 545-569.
- [3] 焦念志, 王荣. 海洋初级生产光动力学及产品结构[J]. 海洋学报, 1994, **16**(5): 85-91.
- [4] 刘占飞, 彭兴跃, 徐立, 等. 台湾海峡 1997 年夏季和 1998 年冬季两航次颗粒有机碳研究[J]. 台湾海峡, 2000, **19**(1): 95-101.
- [5] Walsh J J. Importance of continental margins in the marine biogeochemical cycling of carbon and nitrogen[J]. Nature, 1991, **350**(6313): 53-55.
- [6] Hurd D C, Spencer D W. Marine particles: analysis and characterization[M]. Geophysical Monograph 63. Washington DC: American Geophysical Union, 1991.
- [7] 张乃星, 宋金明, 贺志鹏. 海水颗粒有机碳(POC)变化的生物地球化学机制[J]. 生态学报, 2006, **26**(7): 2328-2339.
- [8] Liu K K, Lai Z L, Gong G C, *et al.* Distribution of particulate organic matter in the southern East China Sea: implications in production and transport[J]. Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences, 1995, **6**(1): 27-45.
- [9] Hung J J, Wang S M, Chen Y L. Biogeochemical controls on distributions and fluxes of dissolved and particulate organic carbon in the Northern South China Sea[J]. Deep Sea Research, 2007, **54**(14-15): 1486-1503.
- [10] Chang J, Shiah F K, Gong G C, *et al.* Cross-shelf variation in carbon-to-chlorophyll a ratios in the East China Sea, summer 1998[J]. Deep-Sea Research II: Topical Studies in Oceanography, 2003, **50**(6-7): 1237-1247.
- [11] Biddanda B, Benner R. Carbon, nitrogen, and carbohydrate fluxes during the production of particulate and dissolved organic matter by marine phytoplankton[J]. Limnology and Oceanography, 1997, **42**(3): 506-518.
- [12] Eppley R W, Chavez F P, Barber R T. Standing stocks of particulate carbon and nitrogen in the Equatorial Pacific at 150° W[J]. Journal of Geophysical Research, 1992, **97**(C1): 655-661.
- [13] Semiletov I P, Pipko I I, Shakhova N E, *et al.* Carbon transport by the Lena River from its headwaters to the Arctic Ocean, with emphasis on fluvial input of terrestrial particulate organic carbon vs. carbon transport by coastal erosion[J]. Biogeosciences, 2011, **8**(9): 2407-2426.
- [14] Sampei M, Sasaki H, Forest A, *et al.* A substantial export flux of particulate organic carbon linked to sinking dead copepods during winter 2007-2008 in the Amundsen Gulf (southeastern Beaufort Sea, Arctic Ocean)[J]. Limnology and Oceanography, 2012, **57**(1): 90-96.
- [15] 胡利民, 邓声贵, 郭志刚, 等. 夏季渤海湾及邻近海域颗粒有机碳的分布与物源分析[J]. 环境科学, 2009, **30**(1): 39-46.
- [16] 白洁, 李岩然, 李正炎, 等. 渤海春季浮游细菌分布与生态环境因子的关系[J]. 青岛海洋大学学报(自然科学版), 2003, **33**(6): 841-846.
- [17] 石晓勇, 张婷, 张传松, 等. 黄海、东海颗粒有机碳的时空分布特征[J]. 海洋环境科学, 2011, **30**(1): 1-6.
- [18] 谭丽菊, 张哲, 梁成菊, 等. 青岛邻近海域海水中有有机碳的分布特征[J]. 地球科学进展, 2011, **26**(4): 426-432.
- [19] 程君, 石晓勇, 张传松, 等. 春季黄东海颗粒有机碳的时空分布特征[J]. 环境科学, 2011, **32**(9): 2505-2511.
- [20] 梁成菊, 王江涛, 谭丽菊. 青岛近海夏季冬季颗粒有机碳的分布特征[J]. 海洋环境科学, 2010, **29**(1): 12-16.
- [21] 熊林芳, 刘季花, 白亚之, 等. 南黄海与东海北部春季悬浮体颗粒有机碳分布[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2010, **30**(3): 7-14.
- [22] 金海燕, 林以安, 陈建芳, 等. 黄海、东海颗粒有机碳的分布特征及其影响因子分析[J]. 海洋学报, 2005, **27**(5): 46-53.
- [23] Zhu Z Y, Zhang J, Wu Y, *et al.* Bulk particulate organic carbon in the East China Sea: tidal influence and bottom transport[J]. Progress in Oceanography, 2006, **69**(1): 37-60.
- [24] Zhu Z Y, Wu Y, Zhang J, *et al.* Spatial and temporal variation of particulate organic carbon in the PN section of East China Sea[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2005, **24**(5): 89-99.
- [25] 赵继胜, 姬泓巍, 郭志刚. 冬季东海典型海域颗粒有机碳的垂直分布[J]. 海洋科学, 2003, **27**(6): 59-63.
- [26] 刘文臣, 王荣, 吉鹏. 东海颗粒有机碳的研究[J]. 海洋与湖沼, 1997, **28**(1): 39-43.
- [27] 黄自强, 傅天保, 张远辉. 东海水体中 POC 的分布特征[J]. 台湾海峡, 1997, **16**(2): 145-152.
- [28] 叶翔, 李炎, 黄邦钦, 等. 台湾海峡南部海域夏季上升流颗粒有机碳含量的逐日变化特征[J]. 台湾海峡, 2011, **30**(4): 458-466.
- [29] 叶翔, 李炎, 黄邦钦, 等. 台湾海峡南部夏季的颗粒有机碳[J]. 海洋学报, 2009, **31**(6): 87-99.
- [30] 郭劳动, 洪华生. 台湾海峡南部颗粒有机碳的分布与变化[A]. 见: 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[C]. 北京: 科学出版社, 1991. 224-230.
- [31] 段毅, 崔明中, 罗斌杰, 等. 我国海洋沉降颗粒物质的有机地球化学研究——I. 有机质通量及烃类化合物和脂肪酸分布特征[J]. 中国科学(D辑), 1997, **27**(5): 442-446.
- [32] 尹明端, 马豪, 何建华, 等. 南沙海域基于 $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 不平

- 衡的颗粒态有机碳输出通量研究[J]. 热带海洋学报, 2008, **27**(2): 64-69.
- [33] 郑佩如, 郭卫东, 胡明辉, 等. 南沙渚碧礁生态系有机碳的分布及周日变化特征[J]. 海洋通报, 2004, **23**(2): 13-18.
- [34] 严宏强, 余克服, 谭焯辉. 夏季南海北部水体中颗粒有机碳的分布特征[J]. 热带地理, 2011, **31**(2): 133-137.
- [35] 陈敏, 黄奕普, 陈飞舟, 等. 真光层的颗粒动力学: VI. 南海东北部海域上层水体颗粒动力学的示踪研究[J]. 热带海洋, 1997, **16**(2): 91-103.
- [36] 林晶. 长江口及其毗邻海区溶解有机碳和颗粒有机碳的分布[D]. 上海: 华东师范大学, 2007.
- [37] He B Y, Dai M H, Zhai W D, *et al.* Distribution, degradation and dynamics of dissolved organic carbon and its major compound classes in the Pearl River estuary, China[J]. *Marine Chemistry*, 2010, **119**(1-4): 52-64.
- [38] Ni H G, Lu F H, Luo X L, *et al.* Riverine inputs of total organic carbon and suspended particulate matter from the Pearl River Delta to the coastal ocean off South China[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2008, **56**(6): 1150-1157.
- [39] 田丽欣, 吴莹, 林晶, 等. 冬季海南省东北部河流及近岸海区有机碳的分布特征[J]. 热带海洋学报, 2010, **29**(5): 136-141.
- [40] 尹维翰, 曹志敏, 蓝东兆, 等. 象山港颗粒有机碳的分布及其影响因子[J]. 海洋环境科学, 2007, **26**(6): 550-552.
- [41] 马士德, 谢肖勃, 朱素兰. 辽东湾海域海水 DOC, POC 及间隙水中的 DOC 分布特征[J]. 海洋科学, 1995, **19**(6): 46-49.
- [42] 孙作庆, 杨鹤鸣. 胶州湾海水中颗粒有机碳含量的分布与变化[J]. 海洋科学, 1992, **16**(2): 52-55.
- [43] 洪华生, 郭劳动, 陈敬虔, 等. 罗源湾颗粒有机碳的变化[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1989, **28**(增刊): 45-49.
- [44] 陈敏, 黄奕普, 邱雨生. 厦门湾水体中颗粒有机碳的垂向输出通量: $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 不平衡的应用[J]. 海洋学报, 2002, **24**(2): 66-76.
- [45] 薛健宏, 杨逸萍, 郭卫东, 等. 9810 号台风过程厦门近岸海域 POC 的变化特征[J]. 台湾海峡, 2000, **19**(3): 95-101.
- [46] 蔡阿根, 李文权, 陈清花, 等. 厦门西港和九龙江口颗粒有机碳的研究[J]. 海洋科学, 1998, **22**(5): 46-50.
- [47] 韩舞鹰, 林洪瑛, 蔡艳雅. 大亚湾的碳循环[J]. 生态学报, 1990, **10**(3): 272-276.
- [48] 夏华永, 李绪录, 韩康. 大鹏湾环境容量研究 I: 自净能力模拟分析[J]. 中国环境科学, 2011, **31**(12): 2031-2038.
- [49] APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater (20th Ed.) [M]. New York: American Public Health Association (APHA), 1998.
- [50] 周毅频, 李绪录, 夏华永, 等. 大鹏湾中叶绿素-a 的多年调查结果及其与环境因子的灰关联分析[J]. 生态环境学报, 2011, **20**(12): 1886-1891.
- [51] 周毅频, 李绪录, 夏华永. 大鹏湾海水中氮和磷的分布变化[J]. 广东海洋大学学报, 2011, **31**(3): 50-55.
- [52] 周毅频, 李绪录, 张军晓, 等. 大鹏湾海水中总氮和总磷的多年调查结果分析[J]. 生态环境学报, 2012, **21**(4): 706-710.
- [53] 李绪录, 周毅频, 夏华永. 大鹏湾表层沉积物中碳、氮、磷的多年调查结果和有机质来源分析[J]. 环境科学学报, 2012, **32**(5): 1113-1119.
- [54] Redfield A C, Ketchum B H, Richards F A. The influence of organisms on the composition of seawater[A]. In: Hill M N, Goldberg E D, Iseilin C O D, *et al* (Eds.). The sea: Vol. 2 [C]. London: Interscience Publishers, 1963. 26-77.
- [55] 韩正兵, 扈传昱, 薛斌, 等. 2007/2008 年和 2008/2009 年夏季南大洋以及普里兹湾 POC 的分布与变化[J]. 极地研究, 2011, **23**(1): 11-18.
- [56] 扈传昱, 张海生, 潘建明, 等. 夏季南极普里兹湾碳的生物地球化学循环 II: POC 的分布特征[J]. 极地研究, 2001, **13**(3): 195-204.
- [57] Cadée G C, Hegeman J. Primary production of phytoplankton in the Dutch Wadden Sea [J]. *Netherlands Journal of Sea Research*, 1974, **8**(2-3): 240-259.

CONTENTS

Estimation of PM _{2.5} over Eastern China from MODIS Aerosol Optical Depth Using the Back Propagation Neural Network	GUO Jian-ping, WU Ye-rong, ZHANG Xiao-ye, <i>et al.</i> (817)
Comparison of Atmospheric Particulate Matter and Aerosol Optical Depth in Beijing City	LIN Hai-feng, XIN Jin-yuan, ZHANG Wen-yu, <i>et al.</i> (826)
Impacts of Meteorological Factors on Atmospheric Methane Mole Fractions in the Background Area of Yangtze River Delta	PU Jing-jiao, XU Hong-hui, GU Jun-qiang, <i>et al.</i> (835)
Dispersion and Analysis of Odor Pollution in Landfill Area Under the Enclosed Operation Condition	LU Peng, WU Shi-xing, DAI Zhi-feng, <i>et al.</i> (842)
Distribution Characteristics and Sea-Air Fluxes of Volatile Halocarbons in the East China Sea in Winter	HE Zhen, LU Xiao-lan, YANG Gui-peng (849)
Intra- and Inter-annual Variabilities of Particulate Organic Matter in the Mires Bay from 2000 to 2010	LI Xu-lu, ZHOU Yi-pin, XIA Hua-yong (857)
Phytoplankton Assemblages and Their Relation to Environmental Factors by Multivariate Statistic Analysis in Bohai Bay	ZHOU Ran, PENG Shi-tao, QIN Xue-bo, <i>et al.</i> (864)
Characteristics and Evolution of Hydrochemical Compositions of Freshwater Lake in Tibetan Plateau	WANG Peng, SHANG Ying-nan, SHEN Li-cheng, <i>et al.</i> (874)
Estimation of Nonpoint Source Pollutant Loads and Optimization of the Best Management Practices (BMPs) in the Zhangweinan River Basin	XU Hua-shan, XU Zong-xue, LIU Pin (882)
An Object-Oriented Intelligent Engineering Design Approach for Lake Pollution Control	ZOU Rui, ZHOU Jing, LIU Yong, <i>et al.</i> (892)
Contribution of Plant Litters to Sediments Organic Matter in Julong River Estuary Wetland	LUO Zhuan-xi, QIU Zhao-zheng, WANG Zhen-hong, <i>et al.</i> (900)
Application of Tiered Approach to Assess the Impact of Backfilling Remediated Soil on Groundwater	ZHONG Mao-sheng, JIANG Lin, YAO Jue-jun, <i>et al.</i> (907)
Removal of Nitrate from Groundwater Using Permeable Reactive Barrier	LI Xiu-li, YANG Jun-jun, LU Xiao-xia, <i>et al.</i> (914)
Research on Pollution Load of Sediments in Storm Sewer in Beijing District	LI Hai-yan, XU Bo-ping, XU Shang-ling, <i>et al.</i> (919)
Occurrence and Risk Assessment of Five Selected PPCPs in Municipal Wastewater Treatment Plant and the Receiving Water	WEN Zhi-hao, DUAN Yan-ping, MENG Xiang-zhou, <i>et al.</i> (927)
Microbial Risk Assessment of Urban Water Bodies for Aesthetical and Recreational Uses	SUN Fu, SHA Jing, ZHANG Yi-fan, <i>et al.</i> (933)
Study on Removal of Di-(2-Ethylhexyl) Phthalate by Using of Small-Scale Biological Aerated Filter	LI Wei, ZHAO Jing, YU Jian, <i>et al.</i> (943)
Mechanism of Membrane Fouling and Filtration Characteristics in a Membrane Bioreactor for Industrial Wastewater Treatment	FAN Ju-hong, YU Su-lin, ZHANG Pei-shuai, <i>et al.</i> (950)
Enhanced Electro-Chemical Oxidation of Acid Red 3R Solution with Phosphotungstic Acid Supported on γ -Al ₂ O ₃	YUE Lin, WANG Kai-hong, GUO Jian-bo, <i>et al.</i> (955)
Degradation Kinetics of Activated Carbon Catalyzed Persulfate Oxidation Orange G	YANG Mei-mei, ZHOU Shao-qi, LIU Dan, <i>et al.</i> (962)
Study on the Start-up of the Anaerobic Baffled Reactor for Treating Alkali-deweeding and Dyeing-printing Wastewater	YANG Bo, ZHONG Qi-jun, LI Fang, <i>et al.</i> (968)
Study on the Pollutants Removal Performance Along the Advanced Treatment in Tannery Wastewater by O ₃ -BAF	YU Bin, LIU Rui, CHENG Jia-di, <i>et al.</i> (974)
Effect of Pilot UASB-SFSBR-MAP Process for the Large Scale Swine Wastewater Treatment	WANG Liang, CHEN Chong-jun, CHEN Ying-xu, <i>et al.</i> (979)
Cultivation of Aerobic Granular Sludge with Municipal Wastewater and Studies on Its Characteristics Under the Continuous Flow	NIU Shu, DUAN Bai-chuan, ZHANG Zuo-li, <i>et al.</i> (986)
Kinetic Model of Enhanced Biological Phosphorus Removal with Mixed Acetic and Propionic Acids as Carbon Sources (I) : Model Constitution	ZHANG Chao, CHEN Yin-guang (993)
Kinetic Model of Enhanced Biological Phosphorus Removal with Mixed Acetic and Propionic Acids as Carbon Sources (II) : Process Simulation	ZHANG Chao, CHEN Yin-guang (998)
Kinetic Model of Enhanced Biological Phosphorus Removal with Mixed Acetic and Propionic Acids as Carbon Sources (III) : Model Application	ZHANG Chao, CHEN Yin-guang (1004)
Comparative Study on Water-air CO ₂ , CH ₄ Flux in Two Tributaries in the Three Gorges Reservoir, China	LI Zhe, BAI Lei, GUO Jin-song, <i>et al.</i> (1008)
Factors Influencing the Spatial Variability in Soil Respiration Under Different Land Use Regimes	CHEN Shu-tao, LIU Qiao-hui, HU Zheng-hua, <i>et al.</i> (1017)
Differences in Soil Respiration Between Cropland and Grassland Ecosystems and Factors Influencing Soil Respiration on the Loess Plateau	ZHOU Xiao-gang, ZHANG Yan-jun, NAN Ya-fang, <i>et al.</i> (1026)
Application and Benefit Evaluation of Tiered Health Risk Assessment Approach on Site Contaminated by Benzene	JIANG Lin, ZHONG Mao-sheng, LIANG Jin, <i>et al.</i> (1034)
History of Heavy Metal Pollution from Tidal Flat in Haizhou Bay	ZHANG Rui, ZHANG Fan, LIU Fu-cheng, <i>et al.</i> (1044)
Accumulation, Distribution and Pollution Assessment of Heavy Metals in Surface Sediment of Caohai Plateau Wetland, Guizhou Province	ZHANG Qing-hai, LIN Chang-hu, TAN Hong, <i>et al.</i> (1055)
Assessment and Correlation Analysis of Heavy Metals Pollution in Soil of Dajinshan Island	CHENG Fang, CHENG Jin-ping, SANG Heng-chun, <i>et al.</i> (1062)
Fraction Distribution and Risk Assessment of Heavy Metals in Stream Sediments from a Typical Nonferrous Metals Mining City	LI Ru-zhong, JIANG Yan-min, PAN Cheng-rong, <i>et al.</i> (1067)
Contamination and Health Risk for Heavy Metals via Consumption of Vegetables Grown in Fragmentary Vegetable Plots from a Typical Nonferrous Metals Mine City	LI Ru-zhong, PAN Cheng-rong, XU Jing-jing, <i>et al.</i> (1076)
Correlativity Study of the Distribution of Soil Magnetic Susceptibility and the Heavy Metal Contents in Xi'an City	CHEN Xiu-duan, LU Xin-wei, YANG GUANG (1086)
Distribution Characteristics and Environmental Significance of Heavy Metals in Soil Particle Size Fractions from Tropical Forests in China	GONG Cang, XU Dian-dou, CHENG Hang-xin, <i>et al.</i> (1094)
Study on Phosphorus Adsorption Characteristic of Sediments in an Ecological Ditch	ZHANG Shu-nan, JIA Zhao-yue, XIAO Run-lin, <i>et al.</i> (1101)
Fractions and Adsorption Characteristics of Phosphorus on Sediments and Soils in Water Level Fluctuating Zone of the Pengxi River, a Tributary of the Three Gorges Reservoir	SUN Wen-bin, DU Bin, ZHAO Xiu-lan, <i>et al.</i> (1107)
Sorption Behavior of Triton X-100 on Loess and Affecting Factors	ZHONG Jin-kui, ZHAO Bao-wei, ZHU Kun, <i>et al.</i> (1114)
Residual Levels in Air, Soil and Soil-Air Exchange of Organochlorine Pesticides in Hami Region of Xinjiang and Its Potential Ecological Risk	MA Zi-long, MAO Xiao-xuan, DING Zhong-yuan, <i>et al.</i> (1120)
Levels and Sources of Decabromodiphenyl Ether and Dechlorane Plus in Xining and Tianjun, Qinghai Province, China	HE Chang, JIN Jun, MA Zhao-hui, <i>et al.</i> (1129)
Vertical Distribution of PBDEs and DL-PCBs in Sediments of Taihu Lake	MA Zhao-hui, JIN Jun, QI Xue-kui, <i>et al.</i> (1136)
Characteristics of Organic Pollutants in the Sediments from a Typical Electronics Industrial Zone	LIU Jin, DENG Dai-yong, XU Mei-ying, <i>et al.</i> (1142)
Emission Characteristics of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Exhaust Particles from a Diesel Car	TAN Pi-qiang, ZHOU Zhou, HU Zhi-yuan, <i>et al.</i> (1150)
Characterization of PAHs in Fly Ashes from Coke Production	MU Ling, PENG Lin, LIU Xiao-feng, <i>et al.</i> (1156)
Comparison of PAHs Distribution in Stabilized Sludge by Sludge Drying Bed and Reed Bed	CUI Yu-bo, SUN Hong-jie, RAN Chun-qiu, <i>et al.</i> (1161)
Effects of Adsorbents on Partitioning and Fixation of Heavy Metals in the Incineration Process of Sewage Sludge	LIU Jing-yong, SUN Shui-yu, CHEN Tao (1166)
Environmental Toxicity of Waste Foundry Sand	ZHANG Hai-feng, WANG Yu-jue, WANG Jin-lin, <i>et al.</i> (1174)
Construction and Properties of a Microbial Whole-cell Sensor CB10 for the Bioavailability Detection of Cr ⁶⁺	HOU Qi-hui, MA An-zhou, ZHUANG Xu-liang, <i>et al.</i> (1181)
Structure and Dynamics of Microbial Community in the Denitrifying Sulfide Removal Process	YU Hao, WANG Ai-jie, CHEN Chuan (1190)
Effects of Physico-chemical Parameters on the Abundance of the Denitrification-associated Genes <i>nirK</i> , <i>nirS</i> and <i>nosZ</i> During Agricultural Waste Composting	HU Chun-xiao, CHEN Yao-ning, ZHANG Jia-chao, <i>et al.</i> (1196)
Impact of PAHs on the Expression of PRDX in Earthworm (<i>Eisenia fetida</i>)	LIN Kang-li, ZHENG Sen-lin, SONG Yu-fang, <i>et al.</i> (1204)
Preparation of OMC-Au/L-Lysine/Au Modified Glassy Carbon Electrode and the Study on Its Detection Response to Hydroquinone and Catechol	ZHOU Yao-yu, TANG Lin, LI Zhen, <i>et al.</i> (1211)
Risk Communication in Construction of New Nuclear Power Plant	HE Gui-zhen, LÜ Yong-long (1218)

《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3月15日 34卷 第3期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 34 No. 3 Mar. 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