

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第4期

Vol.33 No.4

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

碳同位素比技术定量估算城市大气 CO₂ 的来源 刘卫, 位楠楠, 王广华, 姚剑, 曾友石, 范雪波, 耿彦红, 李燕 (1041)

广州大气降水中稳定同位素对 2008 年初华南地区冰雪灾害期间水汽来源的反映 廖聪云, 钟巍, 马巧红, 薛积彬, 尹焕玲, 龙昆 (1050)

北京雾霾天气期间气溶胶光学特性 于兴娜, 李新妹, 登增然登, 德庆央宗, 袁帅 (1057)

白马泉风景区夏季大气 PM_{2.5} 中二次有机物的初步研究 代东决, 李黎, 刘子芳, 赵敏, 冯加良, 赖玮, 曾燕梅, 周宇, 刘露云, 邓仕槐 (1063)

机动车尾气排放 VOCs 源成分谱及其大气反应活性 乔月珍, 王红丽, 黄成, 陈长虹, 苏雷燕, 周敏, 徐骅, 张钢锋, 陈宜然, 李莉, 陈明华, 黄海英 (1071)

法国梧桐叶片氮含量及氮同位素对城市大气湿沉降氮的响应研究 王燕丽, 肖化云, 肖红伟 (1080)

胶州湾及邻近海域表层海水中一氧化氮浓度分布及其影响因素探讨 薛超, 刘春颖, 杨桂朋, 祝陈坚, 张洪海 (1086)

基于不确定性分析的太湖水体多环芳烃的生态风险评价 郭广慧, 吴丰昌, 何宏平, 冯承莲, 张瑞卿, 李会仙 (1091)

流域水质时空分布特征及其影响因素初析 黄金良, 黄亚玲, 李青生, 周增荣, 冯媛, 张祯宇 (1098)

潮白河周丛生物群落元素组成与水质变化的生态计量学关系研究 崔经国, 单保庆, 王帅 (1108)

春季盘溪河水质日变化规律及水质评价 张千千, 王效科, 郝丽岭, 逯非, 欧阳志云, 侯培强 (1114)

西南喀斯特流域风化作用季节性变化研究 肖琼, 沈立成, 杨雷, 伍坤宇, 陈展图 (1122)

三峡水库开县消落区水域冬季蓄水期间藻类群落结构与水质评价 郭劲松, 谢丹, 李哲, 陈园, 孙志禹, 陈永柏, 龙曼 (1129)

淀山湖水华高发期浮游植物群落变化特征研究 徐春燕, 杨洁, 马明睿, 胡雪芹, 由文辉 (1136)

三峡库区典型消落带草本植物氮磷养分浸泡释放实验 王建超, 朱波, 汪涛, 易礼军 (1144)

沂蒙山区典型小流域特殊降雨的磷素输出特征 李振炜, 于兴修, 刘前进, 井光花 (1152)

合肥城区地表灰尘氮磷形态分布及生物有效性 李如忠, 周爱佳, 童芳, 李峰, 钱家忠 (1159)

鹤地水库沉积物营养盐及重金属分布和污染特征分析 张华俊, 陈修康, 韩博平, 罗勇, 杨浩文, 曾艳, 陈敬安 (1167)

三门峡库区河流湿地沉积物重金属赋存形态和风险评价 敖亮, 单保庆, 张洪, 唐文忠 (1176)

黄河三角洲滨海湿地表层沉积物重金属区域分布及生态风险评价 刘志杰, 李培英, 张晓龙, 李萍, 朱龙海 (1182)

竺山湾重金属污染底泥环保疏浚深度的推算 姜霞, 王雯雯, 王书航, 金相灿 (1189)

雷州近海、流沙湾和深圳湾沉积物 PAHs 污染特征分析 赵利容, 孙省利, 柯盛 (1198)

中国与印度典型城市道路街尘中多环芳烃与黑碳的对比研究 潘苏红, 张千, 孙亚莉, 解启来 (1204)

三江平原典型灌区井灌地下水中铁的随水迁移特征 邹元春, 于晓菲, 霍莉莉, 吕宪国, 姜明 (1209)

海水淡化水在既有管网输配的铁释放控制研究 田一梅, 刘扬, 赵鹏, 单金林, 杨所印, 刘伟 (1216)

新生态铁的混凝作用探索 杨雪, 张景成, 关小红 (1221)

饮用水中甲羟孕酮的臭氧氧化降解研究 岳婵媛, 缪恒锋, 任洪艳, 阮文权 (1227)

核壳式磁性碳纳米吸附剂的制备及其对水环境中金霉素的吸附研究 王懿萱, 张娣, 牛红云, 孟昭福, 蔡亚岐 (1234)

络合-超滤耦合工艺去除水中镍离子的研究 秦妹, 邵嘉慧, 何义亮, 李雯奎 (1241)

赤铁矿光助类 Fenton 降解有毒有机污染物 张钰, 顾彦, 杨慧, 何燕, 李瑞萍, 黄应平, 张爱清 (1247)

掺氮 Ta₂O₅ 诱发可见光-类 Fenton 体系降解阿特拉津研究 赵璐, 邓一荣, 杜瑛珣, 傅翔 (1252)

O₃/H₂O₂ 降解水中扑灭通效能研究 李绍峰, 孙楚 (1260)

Pr-N 共掺杂 TiO₂ 光电催化降解孔雀石绿动力学 沙爽, 周少奇, 张小娜, 周晓 (1267)

铜陵相思谷尾矿用于处理酸性矿山排水的实验研究 张楠, 陈天虎, 周跃飞, 黎少杰, 金杰, 王延明 (1272)

聚合铝铁对 A²/O 系统 EPS 及生物絮凝性能的影响 温沁雪, 刘爱翠, 陈志强, 施汉昌, 吕炳南 (1278)

温度对污水脱氮系统污染物去除效果及氧化亚氮释放的影响 张婷婷, 张建, 杨芳, 谢慧君, 胡振, 李一冉 (1283)

温度对厌氧氨氧化反应器脱氮效能稳定性的影响 李祥, 黄勇, 郑宇慧, 袁怡, 李大鹏, 潘杨, 张春蕾 (1288)

好氧颗粒污泥处理制糖工业废水厌氧出水的除磷特性研究 王硕, 于水利, 时文歆, 暴瑞玲, 衣雪松, 李建政 (1293)

除磷颗粒污泥系统中不同粒径颗粒的理化特性分析 李志华, 张玉蓉, 杨帆, 李胜, 姬晓琴 (1299)

利用氧化亚氮还原酶基因 (nosZ) 评价人工湿地系统中的反硝化菌 王晓君, 陈少华, 张兆基, 肖俊超 (1306)

紫外诱变法提高好氧反硝化菌降解性能的研究 于佳佳, 陈浚, 杨宣, 陈建孟 (1313)

1 株异养硝化菌胞外聚合物的研究 陈哲, 张斌, 湛志强, 邱志刚, 郭迎庆, 李君文, 王景峰 (1318)

氨氮对稀有鮎鲫胚胎及卵黄囊期仔鱼的毒性效应研究 王志坚, 鲁增辉, 石萍 (1323)

多年蔬菜连作对土壤氨氧化微生物群落组成的影响 孟德龙, 杨扬, 伍延正, 吴敏娜, 秦红灵, 朱亦君, 魏文学 (1331)

生物质炭施用对土壤中氯虫苯甲酰胺吸附及消解行为的影响 王廷廷, 余向阳, 沈燕, 张超兰, 刘贤进 (1339)

水稻光合同化碳向土壤有机碳库输入的定量研究:¹⁴C连续标记法 聂三安, 周萍, 葛体达, 童成立, 肖和艾, 吴金水, 张杨珠 (1346)

油田污染土壤残留油组成与特征参数分析 王坚, 张旭, 李广贺 (1352)

挥发性氯代烃在湿润土壤中的平衡吸附研究 孟凡勇, 刘锐, 小林刚, 万梅, 余素林, 陈吕军 (1361)

田间土壤外源铜镍在小麦中的累积及其毒害研究 黄锦孙, 韦东普, 郭雪雁, 马义兵 (1369)

中国磷消费结构的变化特征及其对环境磷负荷的影响 马敦超, 胡山鹰, 陈定江, 李有润 (1376)

基于 3MRA 模型的填埋场安全填埋废物污染物阈值评估方法与应用研究 袁英, 席北斗, 何小松, 魏自民, 李鸣晓, 姜永海, 苏婧, 安达 (1383)

填埋垃圾初始含水率对渗滤液产量的影响及修正渗滤液产量计算公式 兰吉武, 詹良通, 李育超, 陈云敏 (1389)

生物反应器填埋场中邻苯二甲酸二丁酯的迁移转化 方程冉, 龙於洋, 沈东升 (1397)

岩溶区峰丛洼地植被指数的克里格分析 杨奇勇, 蒋忠诚, 马祖陆, 曹建华, 罗为群, 李文军, 段晓芳 (1404)

《环境科学》征订启事 (1062) 《环境科学》征稿简则 (1107) 信息 (1135, 1215, 1396)

三峡水库开县消落区水域冬季蓄水期间藻类群落结构与水质评价

郭劲松¹, 谢丹¹, 李哲¹, 陈园¹, 孙志禹², 陈永柏², 龙曼¹

(1. 重庆大学城市建设与环境工程学院, 重庆 400045; 2. 中国长江三峡集团公司, 宜昌 443002)

摘要: 2008年12月三峡水库第一次试验性蓄水至172.8 m后, 开县老县城区域被淹没呈水库特征, 对蓄水后开县消落区水域水生生物生态及水体营养状态的研究目前还鲜见报道. 为了解172.8 m水位后开县消落区水域水环境的现状及藻类群落结构的变化, 于2009年1月和2009年12月冬季蓄水期间2次对包括汉丰湖在内的开县消落区水域4个样点藻类组成、数量和生物量的分布及变化情况进行了跟踪观测, 初步分析了浮游植物种群结构的变化趋势, 并从生物角度评估了水域的水质营养状况. 结果表明, 2次采样共鉴定出浮游植物6门37属69种(含变种), 优势种群均为甲藻和隐藻, 2009年12月藻类细胞密度和生物量低于2009年1月. 藻类种群结构和污染指示种评价结果显示, 冬季蓄水期间开县消落区各采样断面的营养水平属于中-富营养类型. 多样性分析的结果表明开县消落区水域冬季蓄水期间处于中污染状态.

关键词: 三峡水库; 开县消落区水域; 蓄水期; 藻类群落; 水质评价

中图分类号: X173 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)04-1129-07

Algal Community Structure and Water Quality Assessment on Drawdown Area of Kaixian Waters in Three Gorges Reservoir During Winter Storage Period

GUO Jing-song¹, XIE Dan¹, LI Zhe¹, CHEN Yuan¹, SUN Zhi-yu², CHEN Yong-bo², LONG Man¹

(1. Faculty of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, China; 2. China Three Gorges Corporation, Yichang 443002, China)

Abstract: The old town area of Kaixian county was flooded and showed reservoir characteristics after the water level of Three Gorges Reservoir got 172.8 m in December 2008. The aquatic ecology and nutritional status of Kaixian drawdown area after water storage are still rarely reported. To understand the current water environment and changes in algal community structure of Kaixian drawdown area after 172.8 m water level, the algal composition, abundance, biomass distribution and changes of its sampling spots including Hanfeng Lake were observed twice during winter storage period in January and December 2009. The trends in phytoplankton community structure were analyzed and the water quality assessment of nutritional status was carried out. The results indicated that 6 phylums, 37 genera, 69 species of phytoplankton in total were identified in the two sampling, and the dominant species were *Dinophyta* and *Cryptophyta*. The cell density and biomass in December 2009 were lower than those in January 2009. The evaluation results of algal population structure and pollution indicators showed that the nutrition level of Kaixian drawdown area during the winter storage period was mesotrophic to eutrophic type, while diversity analysis result indicated moderate pollution.

Key words: Three Gorges Reservoir; drawdown area of Kaixian waters; storage period; algal community; water quality assessment

藻类是水生态系统的初级生产者, 是整个水生态系统物质循环和能量流动的基础, 对水体营养状态变化能迅速做出响应^[1]. 浮游植物群落的种类组成、数量分布和多样性等群落结构特征能够综合、真实地反映出水体的生态条件和营养状况, 因此, 利用浮游植物评价和监测水质的研究引起了国内外学者的广泛关注^[2-5].

消落区是指水库季节性水位涨落使被淹没土地周期性出露于水面的区域. 三峡水库冬季正常蓄水位为海拔175 m, 夏季正常蓄水位降至海拔145 m, 175~145 m水位之间存在30 m的落差, 在三峡水库(重庆段)形成面积为291.1 km²的消落区.

水位的周期性涨落使消落区内有大量土地处于

淹没和出露交替状态, 其生态系统受到来自陆地和水体两方面的影响. 当消落区土壤进入淹没状态时, 其中吸附的营养物质和金属元素在江水的浸泡下, 逐渐向水体释放; 当其落干时, 水中的一些漂浮物、生活垃圾、生物死亡体等大量污染物会沉积在消落区^[6,7].

消落区是库区沿岸带中生态最脆弱的地区, 消落区生态系统是否稳定将直接影响到三峡水库的生

收稿日期: 2011-06-01; 修订日期: 2011-09-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(51009155); 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2009ZX07104-002, 2009ZX07104-003); 重庆市自然科学基金项目(CSTC2010BB0228)

作者简介: 郭劲松(1963~), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为水污染控制理论与技术, E-mail: guo0768@126.com

态安全. 目前研究中多关注于消落区的污染物截留释放, 但对于消落区受淹后水生生态特征关注甚少, 其淹没后在相对短的时间周期内藻类集群形成与发育是否同消落区受淹过程有关值得探索.

本研究选择了开县消落区水域内 4 个样点作为调查对象, 对 2009 年 1 月和 2009 年 12 月 2 次冬季蓄水期间藻类组成、数量和生物量的分布及变化情况进行跟踪观测, 初步分析了开县消落区水域藻类种群结构的变化趋势, 并从生物角度评估了水域的水质营养状况, 以期为了保护消落区生态环境、保障三峡库区水环境安全提供一定的科学依据和基础资料.

1 材料与方法

1.1 采样点的布置

澎溪河(亦称小江)流域(图 1)位于 $N30^{\circ}49' \sim 31^{\circ}42'$, $E107^{\circ}56' \sim 108^{\circ}54'$, 流域面积 $5\,173\text{ km}^2$, 干流全长 182 km , 是三峡库区中段、北岸流域面积最大的次级河流. 开县位于三峡水库小江支流上游, 冬季三峡水库 175 m 水位蓄水时, 开县淹没面积将达 58 km^2 , 其中消落区面积约为 45 km^2 ^[8], 是三峡库区消落区面积最大的区县.

根据三峡水库的运行调度安排, 2008 年 12 月水库第一次试验性蓄水至 172.8 m . 为部分消除或减少因三峡水库水位变化出现的消落区面积, 开县县城澎溪河下游 4.5 km 处筑设有调节坝, 人为地在开县“三河”汇集处形成一个永久性的人工湖区——汉丰湖, 平均湖底高程为 160 m , 每年 10 月上旬至次年 3 月上旬处于淹没状态, 淹没时间约为 150 d ; 渠口湖和养鹿湖位于调节坝下游, 渠口湖平均河底高程 157 m , 每年 10 月初至次年 4 月下旬处于淹没状态, 淹没时间约为 200 d ; 养鹿湖心平均河底高程 151.8 m , 每年 9 月中旬至次年 5 月初处于淹没状态, 淹水时间约为 230 d . 由图 1 可知, 坝下淹没时间显著长于坝上. 根据全年气温、水温变化情况并参照重庆地区季节变化规律^[9], 对研究期间季节情况划分为: 春季 3~5 月上旬; 夏季 5 月中旬~9 月中旬; 秋季 9 月下旬~11 月下旬; 冬季 12 月~次年 2 月. 因此开县消落区各采样点冬季受淹时间均约为 90 d .

为反映开县消落区水域上述河段的水环境特点, 并综合考虑沿岸场镇排污的影响, 在小江回水区段共布置 4 个采样断面(图 2): 汉丰湖 ($N31^{\circ}11.255'$, $E108^{\circ}26.165'$)、乌杨桥调节坝 ($N31^{\circ}11.199'$, $E108^{\circ}27.107'$)、渠口 ($N31^{\circ}8'13.36''$, $E108^{\circ}29'0.37''$)、

养鹿 ($N31^{\circ}5'13.36''$, $E108^{\circ}34'19.80''$), 各断面采样点位于河道深泓线处.

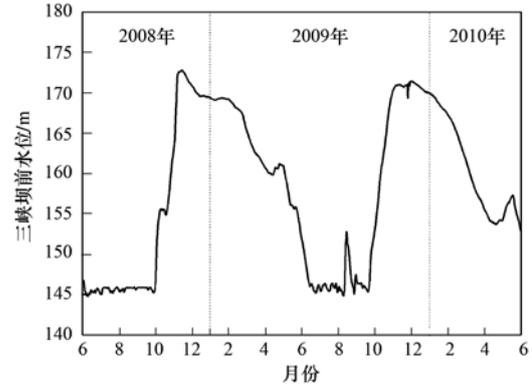


图 1 研究期间小江回水区水位变化过程

Fig. 1 Variation of water level at backwater area of Xiaojiang River

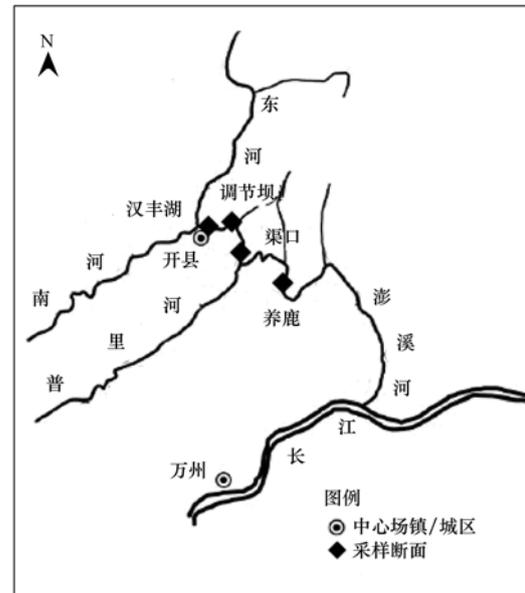


图 2 小江流域示意和采样点分布

Fig. 2 Map of Xiaojiang River and sampling spots

1.2 采样监测和数据分析方法

在每个采样点采集水深 $0.5、1、2、3、5、8\text{ m}$ 共 6 个测点的水样各 500 mL 左右作为水质测试水样^[10], 并利用 YSI63 现场测定水温和 pH 值, 水样带回实验室等量混合后进行总氮 (TN)、总磷 (TP) 的测试, 具体方法参照文献^[11] 进行. 藻类定性样品采集, 采用 25 号藻类网在水面下作“∞”捞取, 现场用甲醛固定^[12], 在光学显微镜 (10×40) 下鉴定藻种, 藻类种类鉴定参照文献^[13,14] 进行; 定量样品则用采水器采集水深 $0.5、1、2、3、5、8\text{ m}$ 处共 6 个测点的水样^[10], 现场滴加适量鲁哥试剂, 等量混

合至 1 L 后静置 48 h 浓缩计数,按照各藻种体积大小换算藻类生物量^[15]。

采用 Shannon-Wiener 指数(H)、Margalef 丰富度指数(d)和 Pielou 均匀度指数(J)对浮游植物多样性进行评价,其计算公式分别为^[16]:

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad (P_i = N_i/N) \quad (1)$$

$$d = (S - 1) \ln N \quad (2)$$

$$J = H / \log_2 S \quad (3)$$

式中, S 为浮游植物种类数, N 为同一样品中的浮游植物细胞总数, N_i 为第 i 种的细胞数。

2 结果与分析

2.1 采样时的环境条件

根据采样时同步监测,2009 年 1 月 4 个采样点水温在 10.30 ~ 12.00℃ 之间,均值为 (11.20 ± 0.79)℃; pH 在 7.08 ~ 7.77 之间,均值为 7.57。2009 年 12 月水温在 9.33 ~ 11.20℃ 之间变动,均值为 (10.37 ± 0.98)℃; pH 在 6.53 ~ 7.57 之间,均值为 7.00。2 次采样 TN、TP 浓度见图 3,2009 年 1 月 TN、TP 浓度略低于 2009 年 12 月。

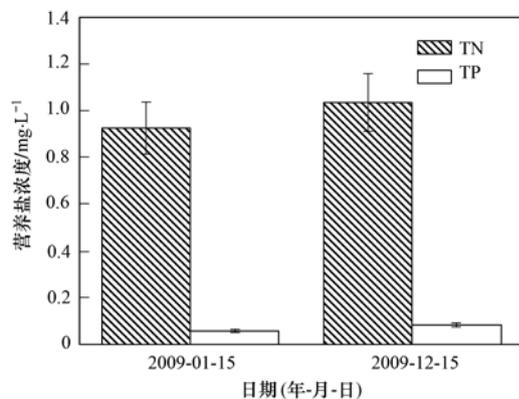


图 3 开县消落区营养盐浓度

Fig. 3 Concentration of nutrients of Kaixian drawdown area

2.2 藻类的种类组成及优势藻

2 次采样共鉴定出浮游植物 6 门 37 属 69 种。其中 2009 年 1 月采样共鉴定出浮游植物 6 门 23 属 37 种,包括硅藻门 6 属 12 种,占 32.4%; 绿藻门 10 属 15 种,占 40.5%; 蓝藻门 2 属 2 种,占 5.4%; 甲藻门 2 属 3 种,占 8.1%; 隐藻门 2 属 4 种,占 10.8%; 裸藻门 1 属 1 种,占 2.7%。2009 年 12 月采样共鉴定出浮游植物 6 门 31 属 55 种,包括硅藻门 7 属 18 种,占 32.7%; 绿藻门 12 属 20 种,占 36.4%; 蓝藻门 7 属 10 种,占 18.2%; 甲藻门 2 属 2 种,占 3.6%; 隐藻门 2 属 4 种,占 7.3%; 裸藻门 1 属 1

种,占 1.8%。

各采样点浮游植物的种类数差异较大,变动在 15 ~ 38 种间,最大值出现在 2009 年 12 月份的渠口,为 38 种;最小值出现在 2009 年 1 月份的乌杨桥调节坝,仅有 15 种。方差分析表明调节坝上、下游的藻类种类数无显著统计差异。从藻类种类组成上看,开县消落区水域绿藻种类最多,其次为硅藻,其它藻门出现种类较少,属于硅-绿藻型,是较典型的中营养型水体的群落组成^[17]。2 次采样各门藻类的物种数和所占比例见图 4。

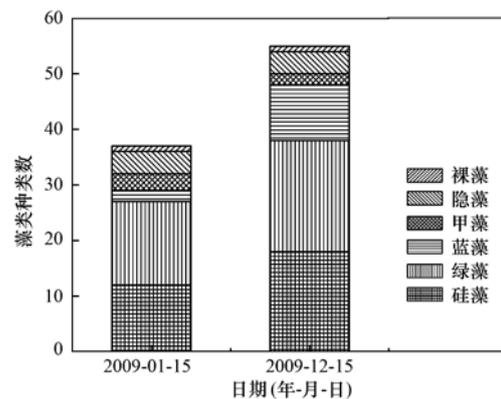


图 4 开县消落区藻类种类组成及各门藻类组成比例

Fig. 4 Composition and ratio of algae varieties of Kaixian drawdown area

各采样点的优势藻在开县消落区 2 次冬季蓄水期间有所不同。2009 年 1 月汉丰湖、调节坝和渠口均以隐藻占优,而养鹿以多甲藻为绝对优势藻; 2009 年 12 月汉丰湖和调节坝的绝对优势种为角甲藻,养鹿为隐藻,渠口无单一优势藻,以隐藻、多甲藻为主要藻种。

2.3 藻类细胞密度、生物量

2009 年 1 月各断面藻类细胞密度 $12.40 \times 10^5 \sim 36.56 \times 10^5 \text{ cells} \cdot \text{L}^{-1}$,均值为 $(19.27 \pm 5.78) \times 10^5 \text{ cells} \cdot \text{L}^{-1}$,最高值出现在养鹿断面,最低值为渠口断面;生物量 $0.87 \sim 99.90 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,均值为 $(25.99 \pm 24.64) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,最高值出现在养鹿断面,最低值为调节坝断面。2009 年 12 月各断面藻类细胞密度 $11.57 \times 10^5 \sim 18.07 \times 10^5 \text{ cells} \cdot \text{L}^{-1}$,均值为 $(14.53 \pm 1.39) \times 10^5 \text{ cells} \cdot \text{L}^{-1}$,最高值出现在渠口断面,最低值为汉丰湖断面;生物量变化趋势与细胞密度相反,在 $1.01 \sim 13.62 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 之间变动,均值为 $(4.97 \pm 2.97) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,最高值出现在汉丰湖断面,最低值为渠口断面(表 1)。由图 5 ~ 6 可见,各采样点以硅藻、隐藻和甲藻为主,其它藻类较少。

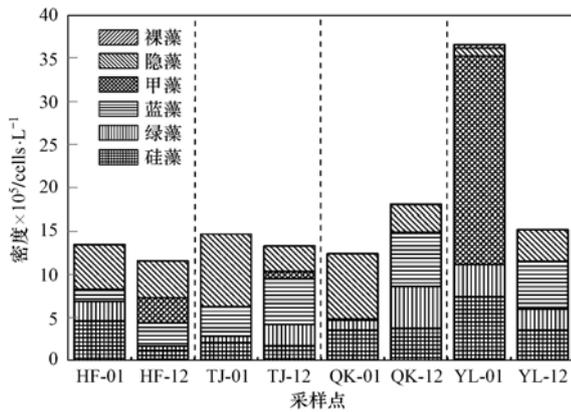


图 5 各采样点的细胞密度
Fig. 5 Cell density of each sampling site

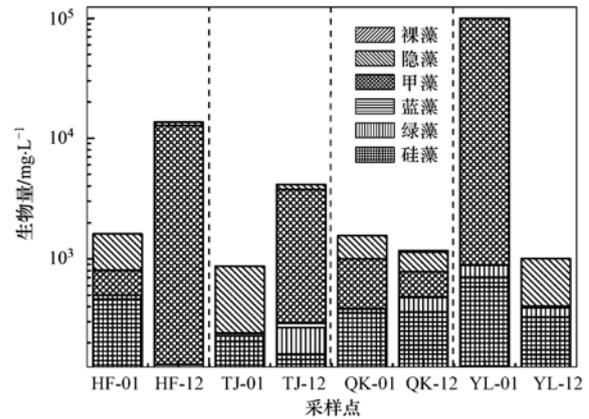


图 6 各采样点的生物量
Fig. 6 Biomass of each sampling site

表 1 各采样点藻类细胞密度和生物量

Table 1 Cell density and biomass of algae in each sampling site

采样点	采样时间 (年-月)	项目	总量	各藻门所占比例/%					
				硅藻	绿藻	蓝藻	甲藻	隐藻	裸藻
汉丰湖心	2009-01	细胞密度 $\times 10^5 / \text{cells} \cdot \text{L}^{-1}$	13.46	34.54	16.49	9.79	0.52	38.66	0.00
		生物量 $/ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	1.62	28.45	2.49	0.01	18.77	50.27	0.00
	2009-12	细胞密度 $\times 10^5 / \text{cells} \cdot \text{L}^{-1}$	11.57	10.00	4.38	23.75	25.00	36.88	0.00
		生物量 $/ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	13.62	0.80	0.10	0.07	92.90	6.13	0.00
调节坝上	2009-01	细胞密度 $\times 10^5 / \text{cells} \cdot \text{L}^{-1}$	14.68	14.29	4.93	23.65	0.00	57.14	0.00
		生物量 $/ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.87	23.77	2.19	1.34	0.00	72.69	0.00
	2009-12	细胞密度 $\times 10^5 / \text{cells} \cdot \text{L}^{-1}$	13.30	13.04	18.48	40.22	5.98	22.28	0.00
		生物量 $/ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	4.10	3.92	2.62	0.62	84.76	8.08	0.00
渠口湖	2009-01	细胞密度 $\times 10^5 / \text{cells} \cdot \text{L}^{-1}$	12.40	28.57	9.33	0.00	1.17	60.93	0.00
		生物量 $/ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	1.56	22.67	1.96	0.00	39.17	36.20	0.00
	2009-12	细胞密度 $\times 10^5 / \text{cells} \cdot \text{L}^{-1}$	18.07	20.80	26.80	34.40	0.40	17.20	0.40
		生物量 $/ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	1.17	30.87	9.77	0.92	25.31	30.04	3.09
养鹿湖	2009-01	细胞密度 $\times 10^5 / \text{cells} \cdot \text{L}^{-1}$	36.56	20.30	10.25	0.00	65.84	2.47	1.14
		生物量 $/ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	99.90	0.71	0.18	0.00	98.78	0.12	0.21
	2009-12	细胞密度 $\times 10^5 / \text{cells} \cdot \text{L}^{-1}$	15.18	23.33	16.19	36.19	0.00	24.29	0.00
		生物量 $/ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	1.01	32.79	6.18	1.13	0.00	59.90	0.00

2.4 藻类对水质的指示

2.4.1 藻类种群结构和污染指示种

藻类种群结构和污染指示种是水质生物学评价的重要参数. 藻类优势种群与水体营养状态的对应关系一般为: 贫营养水体中浮游植物以金藻门、黄藻门为主; 中营养型水体以甲藻、隐藻和硅藻为主; 绿藻和蓝藻代表富营养水体^[18]. 开县消落区水域冬季蓄水期间各采样点优势种群均为隐藻、甲藻和硅藻, 对应的水体营养类型为中营养.

污染指示种的确定参照文献[19, 20], 2009年1月开县消落区水域共鉴定出污染指示种23种. 其中, 富营养型(α -ms)5种, 中富营养型(α - β -ms)12种, 中营养型(β -ms)6种. 2009年12月共鉴定出污染指示种27种, 其中, 富营养型(α -ms)9种, 中富营养型(α - β -ms)15种, 中营养型(β -ms)3种. 从2次

采样不同营养型指示种类数及其所占比例可以看出, 开县消落区水域污染指示种以中富营养型为主. 另外, 从优势种的角度来看, 2次采样各采样断面的优势种都属于 α -ms和 α - β -ms的指示种, 进一步说明开县消落区水域水质已达到中-富营养等级.

2.4.2 生物多样性分析

本研究选用 Shannon-Wiener 多样性指数、Margalef 指数和 Pielou 均匀度指数研究了冬季蓄水期间开县消落区水域的群落结构特征. 以多样性为基础的水质评价标准通常为^[21]: H 值 > 3 , 轻或无污染; $1 \sim 3$, 中污染; $0 \sim 1$, 重污染. d 值 > 5 , 清洁; > 4 , 寡污; > 3 , 中污; < 3 , 重污. J 值 $0 \sim 0.3$, 重污染; $0.3 \sim 0.5$, 中污染; $0.5 \sim 0.8$, 轻或无污染.

2次采样各采样点多样性指数值如图7所示. 从表2可以看出, 2009年1月各采样断面的多样性

指数 H 、丰富度指数 d 和均匀度指数 J 分别在 0.12 ~ 2.33、0.96 ~ 2.03 和 0.04 ~ 0.63 之间, 均值分别为 1.49、1.56 和 0.40, 各采样断面水质的优劣情况依次为渠口 > 汉丰湖 > 调节坝 > 养鹿; 2009 年 12 月各采样断面的多样性指数 H 、丰富度指数 d 和均匀度指数 J 分别在 0.44 ~ 2.86、1.16 ~ 3.11 和 0.12 ~ 0.63 之间波动, 均值依次为 1.55、2.23 和 0.36, 各断面水质优劣情况依次为渠口 > 养鹿 > 调节坝 > 汉丰湖。

2 次多样性分析 H 和 J 值判断的结果表明开县消落区水域均为中污染状态, d 值指示为重污染状态, 因此可认为冬季蓄水期间开县消落区水域总体水质处于中污染状态。

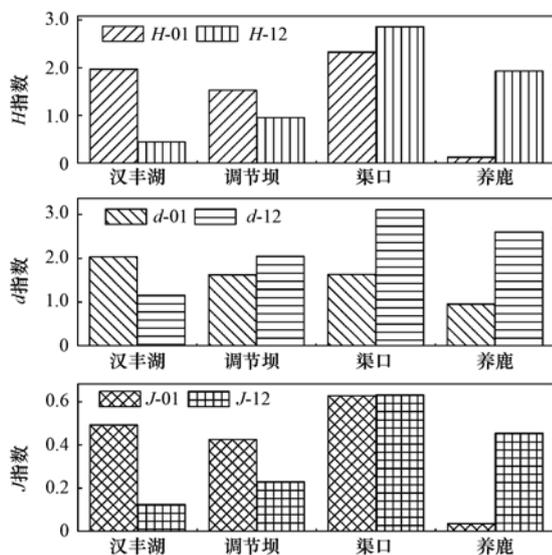


图7 开县消落区水域各采样点的多样性指数值

Fig. 7 Diversity index values of sampling sites in KDA

表2 各采样点的 H 、 d 、 J 值

Table 2 The H 、 d 、 J of each sampling site

采样断面	H		d		J	
	1月	12月	1月	12月	1月	12月
汉丰湖	1.97	0.44	2.03	1.16	0.49	0.12
调节坝	1.53	0.95	1.63	2.04	0.43	0.23
渠口	2.33	2.86	1.63	3.11	0.63	0.63
养鹿	0.12	1.93	0.96	2.60	0.04	0.45
均值	1.49	1.55	1.56	2.23	0.40	0.36

3 讨论

3.1 藻类组成及对水环境的响应

浮游植物的时空变化特征与环境因子关系密切, 生态系统中环境因子的改变直接影响着浮游植物群落结构^[22~24], 因此浮游植物群落结构特征一定程度上反映了水体的生态环境状况^[25]。

从水环境来看, 2009 年 1 月水温及 pH 同 2009 年 12 月相差不大, TN、TP 浓度略低于 2009 年 12 月。从藻类种类组成、污染指示种和现存量来看, 冬季蓄水期间开县消落区水域藻类生物密度较高, 且优势种多为中-富营养化指示种, 2009 年 12 月开县消落区水域中藻类的富营养型指示种所占比例较 2009 年 1 月有所上升, 而中营养型指示种类的比例下降了 15.0%。同期水环境条件同藻类群落组成表明第二次蓄水后水体的营养程度有所增加。如果生境条件适宜, 开县消落区冬季蓄水期间暴发水华的可能性极大。

究其原因, 可能是因为三峡水库开县淹没地带地势平坦, 河流比降较小, 冬季水库调度蓄水水体流速显著减缓, 坝前深水区断面水流的平均流速预计只有 $0.04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 将降至天然河道断面水流平均流速的 1/5 左右^[26]。水位上升, 水体透明度增大, 有利于藻类光合作用, 水流流态与光照等气象条件共同成为藻类旺盛生长的诱因。另外, 水体的自净能力随着滞留时间的增加而降低, 使排入水体的污染物不易稀释扩散, 沉淀在消落区内。而受当地农用化肥的影响, 淹没土壤营养物质的浸出以及工业、生活污水排入水体也可能会造成消落区水域富营养化程度增加。

3.2 藻类生物多样性指数

生物多样性指数是用于表示多种生物所组成的混合生物群落的数量和种类之间关系的一种指数, 是评价水质的重要指标之一^[27]。浮游植物的 H 值越高, 表明该群落结构越复杂, 稳定性越大, 水质越好; 而当水体受到污染时, 敏感种大量消失, 多样性指数明显下降, 表明该群落结构趋于简单, 稳定性降低, 水质变差^[28]。Margalef 指数 d 对物种数的依赖性较强, 它能反映浮游植物在水体中的分布情况和群落特征效果^[29]。Pielou 均匀度指数 J 反映了各物种个体数目分配的均匀程度, 每种个体数越接近, 则各种个体数分布的均匀度就越高, 反之则越低^[30]。

2009 年 1 月养鹿湖断面以多甲藻为绝对优势种, 而 12 月汉丰湖断面则以隐藻和角甲藻数量占优, 其余断面各藻门的物种丰度相对平均, 因此使得 2009 年 1 月的养鹿湖断面和同年 12 月的汉丰湖断面多样性指数分别为 2 次采样的最低值。通常以均匀度 >0.3 作为浮游植物具有良好多样性的鉴定标准, 较为稳定的群落往往具有较高的多样性和均匀度^[30]。从表 2 的分析结果可以看出, 冬季蓄水期间开县消落区藻类 Pielou 指数均值均大于 0.3, 表明开县消落区水域藻类群落结构比较复杂, 处于较完

整、稳定的状态。

总体而言, 开县消落区 2 次冬季蓄水水质相差不大。这可能是因为消落区土壤受淹后, 向上覆水体释放的污染物强度在第 1 d 达到最大值, 约占 10 d 内释放总量的 80% ~ 90%。释放强度随淹水时间的增长而降低, 土壤淹水 15 d 后, TN 和 TP 的释放量将达到释放总量的 86% ~ 89%, 上覆水中营养物含量趋于平衡。开县消落区各采样点冬季淹水时间都在 90 d 以上, 因此淹水时间对藻类群落结构的影响并不显著^[31]。而袁辉等^[32]通过水质预测模型, 就开县消落带淹水后对水质的影响值进行了预测, 认为开县消落区土壤初次淹水后, 其对水体释放的 N、P 浓度增加值将较小, 这也进一步说明了淹没土壤的释放作用目前对消落区水质的影响尚不显著, 但在水位逐步抬升过程中, 不能排除其对局部水域水质产生较大影响的可能性。

2 次采样各采样点水质优劣程度有所变化, 可能是因为汉丰湖、乌杨桥调节坝临近开县新县城, 水质受生活污水以及农业化肥影响较大。另一方面, 消落区是一个既不同于水体, 也不同于土体的特殊过渡带, 极易受到自然因素与人为因素的干扰, 表现出对环境敏感性、波动频率大等不稳定特点, 这也可能是 2 次采样开县消落区水域上下游水质状况波动的原因之一。

4 结论

(1) 冬季蓄水期间, 2009 年 1 月开县消落区水域共鉴定出浮游植物 6 门 23 属 37 种, 以硅藻门和绿藻门为优势种。

(2) 藻类种群结构和污染指示种评价结果显示冬季蓄水期间开县消落区水域水质已达到中-富营养等级。

(3) 多样性分析结果表明开县消落区水域冬季蓄水期间处于中污染状态。

参考文献:

- [1] 韩博平, 林旭钿, 李铁. 广东省大中型水库富营养化现状与防治对策研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2003. 7-8.
- [2] Sidik M J, Rashed-Un-Nabi M, Hoque M A. Distribution of phytoplankton community in relation to environmental parameters in cage culture area of Sepanggar Bay, Sabah, Malaysia [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2008, **80**(2): 251-260.
- [3] Sabater S, Artigas J, Durán C, *et al.* Longitudinal development of chlorophyll and phytoplankton assemblages in a regulated large river (the Ebro River) [J]. *Science of the Total Environment*, 2008, **404**(1): 196-206.
- [4] 孟顺龙, 陈家长, 胡庚东, 等. 太湖蠡湖浮游植物群落特征及其对水质的评价 [J]. *长江流域资源与环境*, 2010, **19**(1): 30-36.
- [5] 顾笑迎, 由文辉. 苏州河浮游植物群落结构与水质评价 [J]. *海洋湖沼通报*, 2008, (1): 66-73.
- [6] 韩勇. 三峡库区消落带污染特性及水环境影响研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2007. 11-12.
- [7] 谢德体, 范小华, 魏朝富. 三峡水库消落区对库区水环境的影响研究 [J]. *西南大学学报 (自然科学版)*, 2007, **29**(1): 39-47.
- [8] 韩勇, 李晓红. 开县小江流域环境综合整治对策措施 [J]. *重庆环境科学*, 2003, **25**(12): 79-80.
- [9] 重庆气象网. 重庆市气候与气象灾害 [EB/OL]. <http://www.121.cq.cn/service/cqweather.htm#one>, 2007.
- [10] 隋战鹰. 浮游藻类与水质污染监测 [J]. *生物学通报*, 2002, **37**(8): 49.
- [11] 国家环境保护局. 水和废水监测分析方法 [M]. (第四版). 北京: 中国环境科学出版社, 2002. 243-285.
- [12] 金相灿, 屠清瑛. 湖泊富营养化调查规范 [M]. (第二版). 北京: 中国环境科学出版社, 1990. 300-301.
- [13] 胡鸿钧, 魏印心. 中国淡水藻类: 系统、分类及生态 [M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [14] 福迪 B, 著. 罗迪安, 译. 藻类学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1980. 17-20.
- [15] 黄祥飞. 湖泊生态调查观测与分析 [M]. 北京: 中国标准出版社出版, 2000. 72-79.
- [16] 沈韞芬, 章宗涉, 龚循矩, 等. 微型生物监测新技术 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990. 134-137.
- [17] 王艳玲, 冯静, 李建国, 等. 产芝水库的浮游植物与水体水质评价 [J]. *海洋湖沼通报*, 2008, (4): 85-90.
- [18] 宋辞, 于洪贤. 镜泊湖浮游植物多样性分析及水质评价 [J]. *东北林业大学学报*, 2009, **37**(4): 40-42.
- [19] 况琪军, 胡征宇, 周广杰, 等. 香溪河流域浮游植物调查与水质评价 [J]. *武汉植物学研究*, 2004, **22**(6): 507-513.
- [20] 况琪军, 马沛明, 胡征宇, 等. 湖泊富营养化的藻类生物学评价与治理研究进展 [J]. *安全与环境学报*, 2005, **5**(2): 87-91.
- [21] 周广杰, 况琪军, 胡征宇, 等. 三峡库区四条支流藻类多样性评价及“水华”防治 [J]. *中国环境科学*, 2006, **26**(3): 337-341.
- [22] Ignateades L, Vassiliou A, Karydis M. A Comparison of phytoplankton biomass parameters and their interrelation with nutrients in Saronicos Gulf (Greece) [J]. *Hydrobiologia*, 1985, **128**(3): 1201-206.
- [23] Proulx M, Pick F R, Mazumder A, *et al.* Experimental evidence for interactive impacts of human activities on lake algal species richness [J]. *Oikos*, 1996, **76**(1): 191-195.
- [24] Watson S B, Mccauley E, Downing J A. Patterns in phytoplankton taxonomic composition across temperate lakes of different nutrient status [J]. *Limnology and Oceanography*, 1997, **42**(3): 487-495.
- [25] Suikkanen S, Laamanen M, Huttunen M. Long-term changes in summer phytoplankton communities of the open northern Baltic

- Sea [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2006, **71** (3-4): 580-592.
- [26] 许川, 舒为群, 曹佳, 等. 三峡库区消落带富营养化及其危害预测和防治 [J]. *长江流域资源与环境*, 2005, **14** (4): 440-444.
- [27] 姜雪芹, 禹娜, 毛开云, 等. 冬季上海市城区河道中浮游植物群落结构及水质的生物评价 [J]. *华东师范大学学报 (自然科学版)*, 2009, (2): 78-88.
- [28] 郭劲松, 陈杰, 李哲, 等. 156 m 蓄水后三峡水库小江回水区春季浮游植物调查及多样性评价 [J]. *环境科学*, 2008, **29** (10): 2710-2014.
- [29] 黄玉瑶. 内陆水域污染生态学-原理与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 135-156.
- [30] 陈家长, 孟顺龙, 尤洋, 等. 太湖五里湖浮游植物群落结构特征分析 [J]. *生态环境学报*, 2009, **18** (4): 1358-1367.
- [31] 徐超, 付川, 牟新利, 等. 三峡库区消落带生态环境污染现状及潜在问题分析 [J]. *现代农业科技*, 2010, (5): 263-264.
- [32] 袁辉, 黄川, 崔志强, 等. 三峡库区消落带与水环境响应关系预测 [J]. *重庆大学学报 (自然科学版)*, 2007, **30** (9): 134-138.

《环境科学》多项引证指标名列前茅

2011年12月2日,中国科学技术信息研究所在中国科技论文统计结果发布会上公布了2010年度中国科技论文统计结果.统计结果显示2010年度《环境科学》多项引证指标位居环境科学技术、安全科学技术类科技期刊前列.

综合评价总分86.5,排名第一(排名前三名的期刊分别是《环境科学》86.5,《中国环境科学》77.9,《环境科学学报》77.3).

总被引频次5197,排名第一(排名前三名的期刊分别是《环境科学》5197,《环境科学学报》3914,《农业环境科学学报》3700).

影响因子1.125,排名第三(排名前三名的期刊分别是《环境科学研究》1.531,《中国环境科学》1.457,《环境科学》1.125).

综合评价总分是根据中国科技期刊综合评价指标体系,计算多项科学计量指标(总被引频次、影响因子、他引率、基金论文比、引文率等),采用层次分析法确定重要指标的权重,分学科对每种期刊进行综合评定,计算出每个期刊的综合评价总分.这项指标屏蔽了各个学科之间总体指标背景值的差异,使科技期刊可以进行跨学科比较.根据发布的统计结果,2010年度《环境科学》综合评价总分86.5,在被统计的1998种核心期刊中名列第27位,在被统计的36种环境科学技术、安全科学技术类期刊中名列第一.

CONTENTS

Quantitative Estimation Source of Urban Atmospheric CO ₂ by Carbon Isotope Composition	LIU Wei, WEI Nan-nan, WANG Guang-hua, <i>et al.</i> (1041)
Moisture Sources of Guangzhou During the Freezing Disaster Period in 2008 Indicated by the Stable Isotopes of Precipitation	LIAO Cong-yun, ZHONG Wei, MA Qiao-hong, <i>et al.</i> (1050)
Optical Properties of Aerosol During Haze-Fog Episodes in Beijing	YU Xing-na, LI Xin-mei, DENG Zen-grandeng, <i>et al.</i> (1057)
Secondary Organic Tracers in Summer PM _{2.5} Aerosols from Baima Spring Scenic Area, Yaan, Sichuan Province	DAI Dong-jue, LI Li, LIU Zi-fang, <i>et al.</i> (1063)
Source Profile and Chemical Reactivity of Volatile Organic Compounds from Vehicle Exhaust	QIAO Yue-zhen, WANG Hong-li, HUANG Cheng, <i>et al.</i> (1071)
<i>Platanus orientalis</i> Foliar N% and δ ¹⁵ N Responses to Nitrogen of Atmospheric Wet Deposition in Urban Area	WANG Yan-li, XIAO Hua-yun, XIAO Hong-wei (1080)
Distribution and Controlling Factors of Nitric Oxide Concentrations in Surface Seawater of Jiaozhou Bay and Adjacent Waters	XUE Chao, LIU Chun-ying, YANG Gui-peng, <i>et al.</i> (1086)
Uncertainty Characterization Approaches for Ecological Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon in Taihu Lake	GUO Guang-hui, WU Feng-chang, HE Hong-ping, <i>et al.</i> (1091)
Preliminary Analysis of Spatiotemporal Variation of Water Quality and Its Influencing Factors in the Jiulong River Watershed	HUANG Jin-liang, HUANG Ya-ling, LI Qing-sheng, <i>et al.</i> (1098)
Ecological Stoichiometric Relationships of Periphyton Community Elemental Composition and Variations of Water Quality in the Chaobai River CUI Jing-guo, SHAN Bao-qing, WANG Shuai (1108)
Diurnal Variation and Evaluation of Water Quality of Panxi River in Spring	ZHANG Qian-qian, WANG Xiao-ke, HAO Li-ling, <i>et al.</i> (1114)
Weathering Seasonal Variations in Karst Valley in Southwest China	XIAO Qiong, SHEN Li-cheng, YANG Lei, <i>et al.</i> (1122)
Algal Community Structure and Water Quality Assessment on Drawdown Area of Kaixian Waters in Three Gorges Reservoir During Winter Storage Period GUO Jing-song, XIE Dan, LI Zhe, <i>et al.</i> (1129)
Characteristics of Phytoplankton Community Changes in Dianshan Lake During Peak Period of Algal Blooms	XU Chun-yan, YANG Jie, MA Ming-rui, <i>et al.</i> (1136)
Nitrogen and Phosphorus Release from Herbaceous Vegetation Under Simulated Inundation Experiment of Water-Level Fluctuation Zone in the Three Gorges Reservoir Area WANG Jian-chao, ZHU Bo, WANG Tao, <i>et al.</i> (1144)
Output Characteristics of Non-point Phosphorus from a Typical Small Watershed in Yimeng Mountainous Area Under the Special Rainfall	LI Zhen-wei, YU Xing-xiu, LIU Qian-jin, <i>et al.</i> (1152)
Distribution and Bioavailability of Nitrogen and Phosphorus Species in the Urban Dusts from Hefei City	LI Ru-zhong, ZHOU Ai-jia, TONG Fang, <i>et al.</i> (1159)
Distribution and Pollution Characteristics of Nutrients and Heavy Metals in Sediments of Hedi Reservoir	ZHANG Hua-jun, CHEN Xiu-kang, HAN Bo-ping, <i>et al.</i> (1167)
Heavy Metals Distribution and Risk Assessment of Sediments in the Riverine Wetland of Sanmenxia Reservoir	AO Liang, SHAN Bao-qing, ZHANG Hong, <i>et al.</i> (1176)
Regional Distribution and Ecological Risk Evaluation of Heavy Metals in Surface Sediments from Coastal Wetlands of the Yellow River Delta LIU Zhi-jie, LI Pei-ying, ZHANG Xiao-long, <i>et al.</i> (1182)
Calculation of Environmental Dredging Depth of Heavy Metal Polluted Sediments in Zhushan Bay of Taihu Lake	JIANG Xia, WANG Wen-wen, WANG Shu-hang, <i>et al.</i> (1189)
Characteristics of PAHs Pollution in Sediments from Leizhou Coastal Marine Area, Liusha Bay and Shenzhen Bay	ZHAO Li-rong, SUN Sheng-li, KE Sheng (1198)
Distribution Characteristics of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Black Carbon in Road Dusts from Typical Cities of China and India	PAN Su-hong, ZHANG Gan, SUN Ya-li, <i>et al.</i> (1204)
Waterborne Iron Migration by Groundwater Irrigation Pumping in a Typical Irrigation District of Sanjiang Plain	ZOU Yuan-chun, YU Xiao-fei, HUO Li-li, <i>et al.</i> (1209)
Research on Controlling Iron Release of Desalted Water Transmitted in Existing Water Distribution System	TIAN Yi-mei, LIU Yang, ZHAO Peng, <i>et al.</i> (1216)
Exploration of Newly-Formed Ferric as the Coagulant	YANG Xue, ZHANG Jing-cheng, GUAN Xiao-hong (1221)
Degradation of Medroxyprogesterone in Drinking Water by Ozone Oxidation	YUE Chan-yuan, MIAO Heng-feng, REN Hong-yan, <i>et al.</i> (1227)
Synthesis of Core/Shell Structured Magnetic Carbon Nanoparticles and Its Adsorption Ability to Chlortetracycline in Aquatic Environment WANG Yi-xuan, ZHANG Di, NIU Hong-yun, <i>et al.</i> (1234)
Removal of Nickel from Aqueous Solutions Using Complexation-Ultrafiltration Process	QIN Shu, SHAO Jia-hui, HE Yi-liang, <i>et al.</i> (1241)
Degradation of Organic Pollutants by Photo-Fenton-Like System with Hematite	ZHANG Yu, GU Yan, YANG Hui, <i>et al.</i> (1247)
Study on the Degradation of Atrazine in Photo-Fenton-Like System Under Visible Light Irradiation Promoted by N-doped Ta ₂ O ₅	ZHAO Lu, DENG Yi-rong, DU Ying-xun, <i>et al.</i> (1252)
Degradation of Prometon by O ₃ /H ₂ O ₂	LI Shao-feng, SUN Chu (1260)
Photoelectrocatalytic Degradation Kinetics of Malachite Green by Pr-N Co-doped TiO ₂ Photocatalyst	SHA Shuang, ZHOU Shao-qi, ZHANG Xiao-na, <i>et al.</i> (1267)
Experimental Study on Acid Mine Drainage Treatment Using Mine Tailings of Xiangsi Valley, Tongling, China	ZHANG Nan, CHEN Tian-hu, ZHOU Yue-fei, <i>et al.</i> (1272)
Effect of Polymeric Aluminum-iron on EPS and Bio-flocculation in A ² /O System	WEN Qin-xue, LIU Ai-cui, CHEN Zhi-qiang, <i>et al.</i> (1278)
Effect of Temperature on Pollutant Removal and Nitrous Oxide Emission of Wastewater Nitrogen Removal System	ZHANG Ting-ting, ZHANG Jian, YANG Fang, <i>et al.</i> (1283)
Effect of Temperature on Stability of Nitrogen Removal in the ANAMMOX Reactor	LI Xiang, HUANG Yong, ZHENG Yu-hui, <i>et al.</i> (1288)
Phosphorus Removal Characteristics by Aerobic Granules in Normal Molasses Wastewater After Anaerobic Treatment	WANG Shuo, YU Shui-li, SHI Wen-xin, <i>et al.</i> (1293)
Physicochemical Characteristics of Granules with Different Size in a Granular Sludge System for Phosphorus Removal	LI Zhi-hua, ZHANG Yu-rong, YANG Fan, <i>et al.</i> (1299)
Denitrifying Bacteria of Constructed Wetland System Based on Nitrous Oxide Reductase Gene (<i>nosZ</i>)	WANG Xiao-jun, CHEN Shao-hua, ZHANG Zhao-ji, <i>et al.</i> (1306)
Improving Degradation Ability of an Aerobic Denitrifier by Ultraviolet Mutagenesis	YU Jia-jia, CHEN Jun, YANG Xuan, <i>et al.</i> (1313)
Characteristics of the Extracellular Polymeric Substances of a Heterotrophic Nitrifying Bacterium Strain	CHEN Zhe, ZHANG Bin, SEN Zhi-qiang, <i>et al.</i> (1318)
Study on Toxic Effects of Ammonia on Embryonic and Yolk-sac Stage Larvae of Rare minnow WANG Zhi-jian, LU Zeng-hui, SHI Ping (1323)
Effects of Continuous Cropping of Vegetables on Ammonia Oxidizers Community Structure	MENG De-long, YANG Yang, WU Yan-zheng, <i>et al.</i> (1331)
Impact of Biochar Amendment on the Sorption and Dissipation of Chlorantraniliprole in Soils	WANG Ting-ting, YU Xiang-yang, SHEN Yan, <i>et al.</i> (1339)
Quantifying Rice (<i>Oryza sativa</i> L.) Photo-assimilated Carbon Input into Soil Organic Carbon Pools Following Continuous ¹⁴ C Labeling	NIE San-an, ZHOU Ping, GE Ti-da, <i>et al.</i> (1346)
Compositions and Diagnostic Ratios of Heavily Degraded Crude Oil Residues in Contaminated Soil in Oilfields	WANG Jian, ZHANG Xu, LI Guang-he (1352)
Study on Equilibrium Adsorption of Volatile Chlorinated Hydrocarbons on Humid Soils	MENG Fan-yong, LIU Rui, Kobayashi Takeshi, <i>et al.</i> (1361)
Toxicity and Accumulation of Copper and Nickel in Wheat Plants Cropped on Alkaline and Acidic Field Soils	HUANG Jin-sun, WEI Dong-pu, GUO Xue-yan, <i>et al.</i> (1369)
Change Traits of Phosphorous Consumption Structure in China and Their Effects on Environmental Phosphorous Loads	MA Dun-chao, HU Shan-ying, CHEN Ding-jiang, <i>et al.</i> (1376)
Research Based on 3MRA Model About the Risk Assessment Methods and Applications of the Landfill Waste	YUAN Ying, XI Bei-dou, HE Xiao-song, <i>et al.</i> (1383)
Impacts of Initial Moisture Content of MSW Waste on Leachate Generation and Modified Formula for Predicting Leachate Generation	LAN Ji-wu, ZHAN Liang-tong, LI Yu-chao, <i>et al.</i> (1389)
Transformation of Dibutyl Phthalate in Bioreactor Landfill	FANG Cheng-ran, LONG Yu-yang, SHEN Dong-sheng (1397)
Kriging Analysis of Vegetation Index Depression in Peak Cluster Karst Area	YANG Qi-yong, JIANG Zhong-cheng, MA Zu-lu, <i>et al.</i> (1404)

《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4月15日 33卷 第4期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 33 No. 4 Apr. 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@reces.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@reces.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

国内外公开发行人