

# 疏浚及水生植被重建对太湖西五里湖沉积物有机质的影响

俞海桥<sup>1</sup>, 王俊川<sup>1</sup>, 邓家添<sup>1</sup>, 敖鸿毅<sup>2</sup>, 方涛<sup>2</sup>

(1.厦门绿邦膜技术有限公司, 福建 厦门 361101; 2.中国科学院水生生物研究所, 湖北 武汉 430072)

**摘要** 通过现场采样及分析测定, 研究了太湖西五里湖生态修复工程实施两年后, 环保疏浚区、疏浚并水生植被重建区、退渔还湖区及对照区沉积物有机质及总氮含量的分布特征。结果表明, 疏浚及植被重建均对湖泊沉积物中有机质含量的分布影响很大, 尤其是疏浚基础上进行的水生植被重建。“干湖清淤”措施的实施极大地减少了湖泊表层沉积物的有机质含量, 也减少了总氮的含量。疏浚并植被重建示范区的表层沉积物有机质含量年均值最高, 垂直分布上看, 水生植被重建区, 夏秋季节水生植物的旺盛生长降低了沉积物中有机质的含量, 而冬春季节, 由于水生植物的枯萎、腐烂导致示范区沉积物中的有机质含量高于其他区域, 大型水生植被的种植对沉积物有机质含量的作用显著, 这需要引起重视。因此, 在对富营养化湖泊进行生态修复措施后, 对于种植了大型水生植被的区域, 为减少水生植物携带的营养盐的沉积与再释放, 应在这种释放作用发生之前对水生植物进行收割。

**关键词** 疏浚; 水生植被重建; 沉积物; 有机质; 季节性变化; 垂直分布

中图分类号: X524 文献标志码: A 文章编号: 1672-2043(2009)09-1903-05

## Effect of Dredging and Re-establishment of Aquatic Macrophytes on Organic Matter in Sediments of West Wuli Hu of Taihu

YU Hai-qiao<sup>1</sup>, WANG Jun-chuan<sup>1</sup>, DENG Jia-tian<sup>1</sup>, AO Hong-yi<sup>2</sup>, FANG Tao<sup>2</sup>

(1.Xiamen Leebam Membrane Technology Co., Ltd, Xiamen 361101, China; 2.Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China)

**Abstract** This research studied the characteristics of both organic matter and total nitrogen in sediments in different zones of West Wuli Hu of Taihu Lake after the dredging and re-establishment of aquatic macrophytes underwent two years. Dredging, dredging plus macrophytes reestablishment, retreated fishery(dry dredging) and control(no dredging) zones were investigated in different seasons. Compared with no dredging zones, dredging and re-establishment of aquatic macrophytes had a great impact on the content of organic matter in sediments, especially for re-establishment of aquatic macrophytes following dredging. The dry dredging could significantly reduce the contents of both organic matter and total nitrogen in surface sediments, while the annual average content of organic matter in the surface sediments of dredging plus macrophytes reestablishment zone was higher than other areas. Dynamics of organic matter in sediments indicated that the rapid growth of aquatic macrophytes could decrease organic matter in summer and autumn, but increase it in winter and spring due to accumulation of their residues in sediments. The results indicated that the effect of aquatic macrophytes on the nutrition of sediments was significant, suggesting that these re-established aquatic macrophytes should be harvested prior to death in order to prevent them from releasing nutrition into both sediments and water column.

**Keywords** dredging; macrophytes reestablishment; sediments; organic matter; seasonal variation; vertical distribution

疏浚和水生植被重建均是治理富营养化湖泊的重要措施<sup>[1]</sup>。五里湖是太湖北部紧邻无锡市的一个湖泊, 2001 年的水质监测为劣类, 为太湖中富营养化

程度最严重的水域<sup>[2]</sup>。为防止该湖区富营养化程度进一步加剧, 在西五里湖区开展了“重污染水体底泥疏浚与生态重建技术”工程, 该工程为国家科学技术部 2002 年设立的“太湖水污染控制与水体修复”专项课题的一部分。从 2003 年开始分别在西五里湖的不同区域开展了退渔还湖工程、底泥疏浚、底泥疏浚并生态重建(以水生植被重建为主)示范工程<sup>[3]</sup>。

水生植被恢复和重建是目前富营养化湖泊治理

收稿日期: 2009-02-21

基金项目: 国家水专项(2008ZX07103-001)

作者简介: 俞海桥(1981—), 男, 福建人, 硕士, 助理工程师, 研究方向为水体富营养化。E-mail: haiqiaohai@163.com

通讯作者: 方涛 E-mail: fangt@ihb.ac.cn

中应用较为广泛的措施,由于水生植被的腐烂导致的有机质增加及对水质的影响是必须考虑的问题之一,但目前国内对此重视不够。底泥疏浚也是目前用的较多的治理措施,但是疏浚能否从根本上解决水体富营养化问题尚无定论<sup>[4]</sup>,疏浚对水环境质量的改善存在风险<sup>[5]</sup>,疏浚可以去除富含污染物的表层沉积物,但是长期效应则不确定<sup>[6]</sup>。

水体沉积物是重金属、有毒有机化合物等环境污染物及 C、N、P 等营养元素的汇和释放源,而有机质对这些污染物和营养元素在沉积物中的迁移、转化等地球化学行为中起着至关重要的作用<sup>[7]</sup>,沉积物中有机质含量高低是内源污染的一个重要指标,有机质的富集是城市湖泊富营养化的重要促进因素<sup>[8]</sup>。底泥中的有机质可释放出大量的氮、磷营养盐使水体保持在较高的营养盐水平。在光合作用中,碳、氮和磷是藻类生长的决定因素之一,因此,在污染湖泊的治理和修复中,有效降低底泥中的有机质含量与减少和控制氮、磷营养盐的浓度具有同等重要的地位<sup>[9]</sup>。水生植物是湖泊生态系统的重要组成部分,其生长和衰亡过程对湖泊营养盐都有重要影响<sup>[10-11]</sup>。本研究针对进行了人工生态修复措施的太湖西五里湖这一特定区域,在其修复措施实施两年后,对沉积物中有机质的时空分布进行了分析,以考察疏浚及水生植被重建对沉积物中有机质的影响,可为底泥疏浚在解决湖泊富营养化问题上的作用研究提供参考,为湖泊富营养化的科学治理提供依据。

## 1 采样与分析方法

### 1.1 研究区域概况及采样点

本研究所选湖区为太湖西五里湖,各区域概况和采样点分布如表 1 所示。除了疏浚并水生植被重建示范区(下称示范区)外,其余各区域的大型水生植被均比较少。疏浚区和对照区的沉积物表观上相似,示范区的沉积物最柔软,而退渔还湖区由于疏浚程度较深,底质最坚硬。

### 1.2 采样与测定

在生态修复措施实施两年后分别于 2005 年 7

月、10 月、12 月及 2006 年 3 月采集样品,采回的样品先进行前处理<sup>[3]</sup>。经过“干湖清淤”的退渔还湖区(3#)的底质很坚硬,柱状样难以采集,因此只取表层沉积物(0~2 cm)进行分析。沉积物总氮(TN)用半微量开氏法进行测定,有机质的测定采用重铬酸钾容量法-外加热法<sup>[12]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 表层沉积物中有机质及总氮含量的分布

图 1 所示为西五里湖各采样点表层沉积物中有机质、总氮含量的季节性变化。从年均值来看,沉积物中有机质和总氮的含量均是 2 号点最高,分别达到 21.29、1.36 g·kg<sup>-1</sup>,3 号点最低,分别是 6.30、0.45 g·kg<sup>-1</sup>;1 号点和 4 号点则差别不大。2 号点所在区为示范区,示范区虽然经过疏浚,但只是去除最表层的沉积物<sup>[13]</sup>,由于时间已经过去近两年,底层沉积物有机质会向上迁移,加上种植的水生植物腐败后沉积到湖底,使其有机质及总氮的含量反而高于其他区域。3 号点所在区域为“干湖清淤区”,该区域的疏浚较为彻底,清除了 1 m 左右的污泥,而且位于深水区,鲜有水生植被分布,所以有机质及 TN 的含量均很低。从季节上看,各区域有机质含量在 12 月份有一个低值。而总氮含量除 2 号点外,均是在 12 月时最高。陈芳等<sup>[8]</sup>的研究发现,湖北几个湖泊沉积物在垂直及水平方向上,有机质与总氮含量均显著相关,颗粒组成与有机质和总氮含量亦显著相关。西五里湖的情况是否和生态修复措施的实施有关还需要进一步研究。

### 2.2 沉积物中有机质含量的垂直分布

各采样点沉积物有机质含量的垂向分布有所不同(图 2)。邹丽敏等<sup>[14]</sup>对济南市大明湖的研究表明,未进行生态修复措施的大明湖各采样点沉积物中的有机质含量表层均大于下层,在更深的地方,有机质含量呈峰型分布。赵兴青等<sup>[9]</sup>对太湖梅梁湾、贡湖湾的研究表明,沉积物中有机质含量在 10 cm 以上较高,变化幅度较大,随着沉积物深度的增加,有机物含量明显减少,季节性变化较小。而在进行了疏浚、疏浚及植

表 1 各区域概况

Table 1 The situation of different areas

区 域	编号	疏浚深度/m	水深/m	大型水生植被	沉积物特性
疏浚区	1	0.2~0.7	2.5	极少	灰色粘土
疏浚并植被重建示范区	2	0.2~0.7	2	大量	深灰色粘土,含部分植物残体
退渔还湖区	3	>1	4	少量	淡黄色坚硬土质,含少量贝类
对照区	4	0	3	无	灰色粘土

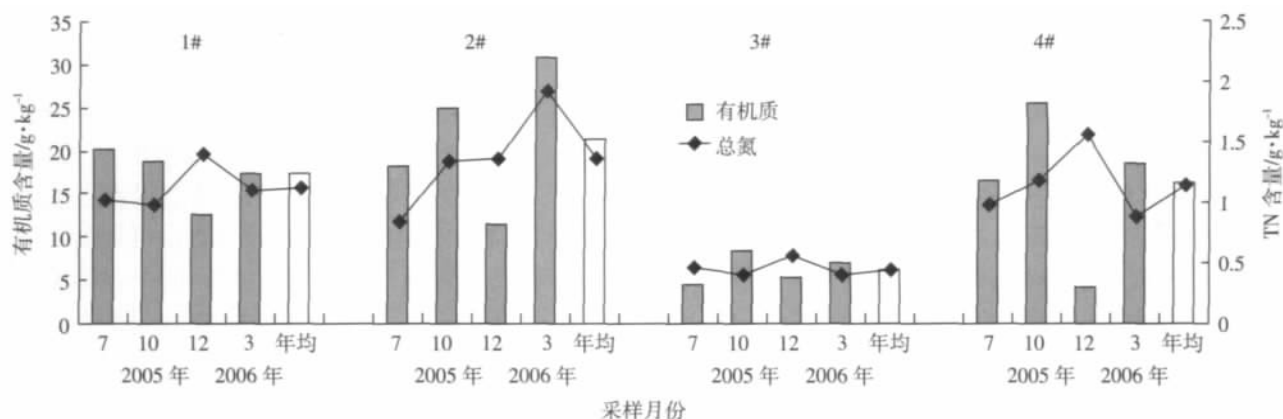


图1 西五里湖各采样点表层沉积物中有机质、总氮含量的季节性变化

Figure 1 Seasonal variation of content of organic matter, TN in the surficial sediment of different sampling sites

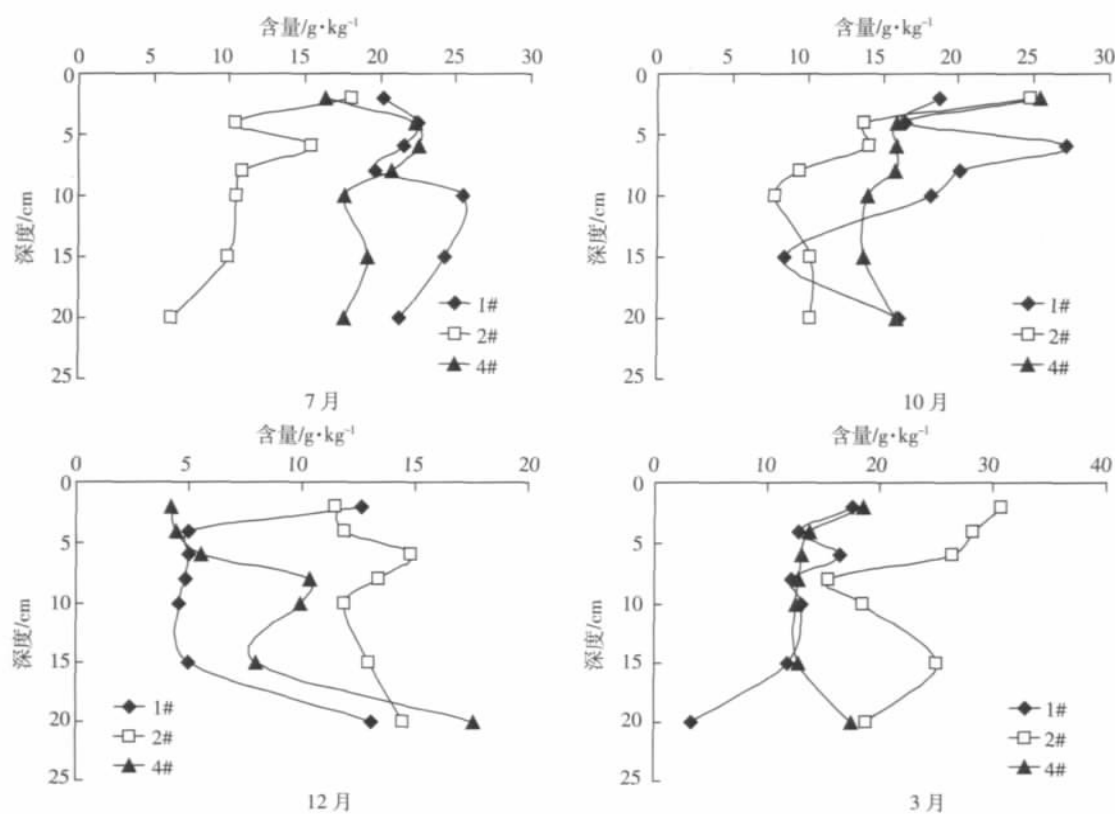


图2 沉积物中有机质含量的垂直分布

Figure 2 Vertical distribution of organic matter in the sediment

被重建的太湖西五里湖区,沉积物中有机质的垂向分布存在如下特征:

1号点所在区域为疏浚区,除3月外,其他月份其表层(0~2 cm)含量都不是最高的,而且在12月份,其中层(4~15 cm)含量很低,约为  $5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。说明疏浚措施对沉积物中有机质的垂向分布和季节变化都有影响。疏浚措施会使新生表层发生生物地球化学变化<sup>[15]</sup>,底泥疏浚去除表层沉积物,下层沉积物成为新生表层

沉积物,开始直接与湖水接触,这样就改变了湖泊表层沉积物原有的物质组成,因此其有机质含量也必然改变。2号点除12月外,其他月份均存在表层有机质含量大于下层的现象。2号点所在区域为疏浚及植被重建示范区,其与1号点的区别就是在疏浚后栽种了大量的水生植被,可见,大型水生植被的种植对表层沉积物有机质含量的作用显著。扰动将促进沉积物的再悬浮和营养盐的迁移<sup>[16]</sup>。4号点处于对照区,虽然没



有采取生态修复措施,但是由于其位于浅水湖泊的湖中,受风力引起的扰动流的影响较大,其表层沉积物的组成也必然受到影响。

### 2.3 沉积物中有机质含量的季节分布

从图3可以看出,1号点和4号点沉积物中有机质含量的季节性变化趋势很相似,而2号点的变化趋势则截然不同。1号点所在区进行了疏浚,但仅是去除了表层的沉积物,其底层沉积物受到的影响较小,而且基本不受水生植物的影响,所以其季节性变化与对照区类似。而2号点位于示范区,该区域在进行疏浚后,种植了大量的水生植物,从开始进行生态修复到首次采样已经过近两年的时间,水生植物的作用开始显现。夏秋季节是水生植物生长旺盛的时期,需从湖底汲取大量的营养,因此沉积物中有机质的含量要低于其他区域,而冬春季节由于水生植物枯萎,其枝叶沉积到湖底,随着植物残体的腐烂分解,沉积物中的有机质含量高于其他区域,且在春季时达到峰值。

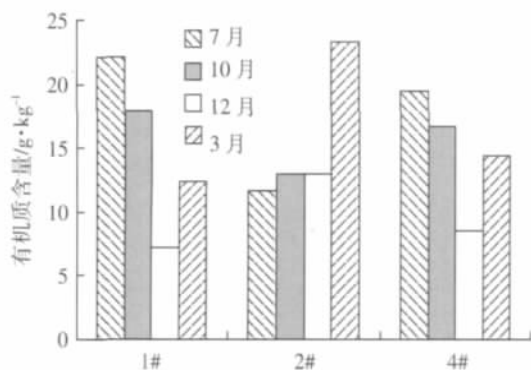


图3 各点沉积物有机质平均含量的季节性变化

Figure 3 Seasonal variation of average content of organic matter in the sediment

有机质是湖泊内源负荷的重要来源,再悬浮是沉积物有机质迁移的主要途径<sup>[7-8]</sup>。值得注意的是,春季沉积物中有机质含量升高,其赋存的营养盐随气温的升高、生物活动的加强,将再次迁移转化到湖水中,从而增加湖泊的营养水平,给湖泊富营养化治理带来不利影响。李文朝、潘慧云等<sup>[17-18]</sup>的研究表明,凋落在湖泊等水体内的水生植物残体经自然腐烂分解后,部分营养盐会在短期内被释放进入水体,参与水体营养再循环,部分营养盐将随植物残体沉积进入沉积物,参与地球化学循环。因此,要注意在释放作用发生之前对大型水生植物进行收割以减少湖泊内源负荷的累积。

### 3 结论

生态修复措施对湖泊沉积物中有机质含量的分

布影响很大,尤其是疏浚基础上进行的水生植被重建。“干湖清淤”措施的实施极大地减少了湖泊表层沉积物的有机质含量,也减少了总氮的含量。大型水生植被的种植对表层沉积物有机质含量的作用显著,疏浚并植被重建示范区的表层沉积物有机质含量除冬季外均高于下层,相比其他区域其表层沉积物含量年均值最高,垂直分布上看,水生植物的存在降低了沉积物中夏秋季节的有机质含量,但增大了冬春季节的含量。因此,在对富营养化湖泊进行生态修复后,对于种植了大型水生植被的区域,为减少植物携带的营养盐的沉积与再释放,应加强对水生植物的管理,在这种释放作用发生之前应对其进行收割。

### 参考文献:

- [1] 秦伯强,杨柳燕,陈非洲,等. 湖泊富营养化发生机制与控制技术及其应用[J]. 科学通报, 2006, 51(16): 1857-1866.  
QIN Bo-qiang, YANG Liu-yan, CHEN Fei-zhou, et al. Lake eutrophication mechanism and control technology with its application[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51(16): 1857-1866.
- [2] 顾岗,陆根法. 太湖五里湖水环境综合整治的设想[J]. 湖泊科学, 2004, 16(1): 56-60.  
GU Gang, LU Gen-fa. On the integrated control of water environment of Wuli Lake, Taihu Lake[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2004, 16(1): 56-60.
- [3] 俞海桥,方涛,夏世斌. 疏浚及水生植被重建对太湖西五里湖表层沉积物中磷、氮含量及形态分布的影响[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(3): 868-872.  
YU Hai-qiao, FANG Tao, XIA Shi-bin. Influence of dredging and aquatic macrophytes reestablishment on the forms of phosphorus, nitrogen in the sediments of the West Wuli Hu, Taihu Lake[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26(3): 868-872.
- [4] 濮培民,王国祥,胡春华,等. 底泥疏浚能控制湖泊富营养化吗[J]. 湖泊科学, 2000, 12(3): 269-279.  
PU Pei-min, WANG Guo-xiang, HU Chun-hua. Can we control lake eutrophication by dredging[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2000, 12(3): 269-279.
- [5] 刘爱菊,孔繁翔,王栋. 太湖底泥疏浚的水环境质量风险性分析[J]. 环境科学, 2006, 20(10): 1946-1952.  
LIU Ai-ju, KONG Fan-xiang, WANG Dong. Water quality risk assessment for sediment dredging operations, Wuli in Taihu Lake[J]. *Environmental Science*, 2006, 20(10): 1946-1952.
- [6] 钟继承,刘国锋,范成新,等. 湖泊底泥疏浚环境效应 I. 内源磷释放控制作用[J]. 湖泊科学, 2009, 21(1): 84-93.  
ZHONG Ji-cheng, LIU Guo-feng, FAN Cheng-xin, et al. Environmental effect of sediment dredging in lake (I) The role of sediment dredging in reducing internal phosphorous release[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2009, 21(1): 84-93.
- [7] 朱广伟,陈英旭. 沉积物中有机质的环境行为研究进展[J]. 湖泊科学, 2001, 13(3): 272-279.

- ZHU Guang-wei, CHEN Ying-xu. A review of geochemical behaviors and environmental effects of organic matter in sediments[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2001, 13(3) :272-279.
- [8] 陈芳, 夏卓英, 宋春雷, 等. 湖北省若干浅水湖泊沉积物有机质与富营养化的关系[J]. 水生生物学报, 2007, 31(4) :467-472.  
CHEN Fang, XIA Zhuo-ying, SONG Chun-lei, et al. Relationships between organic matter in sediments and internal nutrient loadings in shallow lakes in Hubei Province of China[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2007, 31(4) :467-472.
- [9] 赵兴青, 杨柳燕, 于振洋, 等. 太湖沉积物理化性质及营养盐的时空变化[J]. 湖泊科学, 2007, 19(6) :698-704.  
ZHAO Xing-qing, YANG Liu-yan, YU Zhen-yang, et al. Temporal and spatial distribution of physicochemical characteristics and nutrients in sediments of Lake Taihu[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2007, 19(6) :698-704.
- [10] 杨荣敏, 李宽意, 王传海, 等. 大型水生植物对太湖底泥磷释放的影响研究[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(增刊) :274-278.  
YANG Rong-min, LI Kuan-yi, WANG Chuan-hai, et al. Effects of macrophytes on release of phosphorus from Taihu Sediments[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26(Sup) :274-278.
- [11] 司静, 邢奕, 卢少勇, 等. 沉水植物衰亡过程中氮磷释放规律及温度影响的研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(01) :217-223.  
SI Jing, XING Yi, LU Shao-yong, et al. Release rule research of submerged plants with temperature impact in contabescence[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2009, 25(01) :217-223.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第三版. 北京: 中国农业出版社, 1999 :46-52.  
BAO Shi-dan. Soil chemical analysis[M]. Third edition. Beijing: China Agricultural Press, 1999 :46-52.
- [13] 王栋, 孔繁翔, 刘爱菊, 等. 生态疏浚对太湖五里湖湖区生态环境的影响[J]. 湖泊科学, 2005, 17(3) :263-268.  
WANG Dong, KONG Fan-xiang, LIU Ai-ju, et al. Analysis of the influence of the ecological dredging to ecosystem of Lake Wuli, Lake Taihu[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2005, 17(3) :263-268.
- [14] 邹丽敏, 王超, 李晓晨, 等. 大明湖沉积物中有机质分布特征[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(9) :2709-2710.  
ZOU Li-min, WANG Chao, LI Xiao-chen, et al. Distribution characteristics of organic material in the sediment of Daming Lake[J]. *Journal of Anhui Agri Sci*, 2007, 35(9) :2709-2710.
- [15] 钟继承, 范成新. 底泥疏浚效果及环境效应研究进展[J]. 湖泊科学, 2007, 19(1) :1-10.  
ZHONG Ji-cheng, FAN Cheng-xin. Advance in the study on the effectiveness and environmental impact of sediment dredging[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2007, 19(1) :1-10.
- [16] Tengberg A, Almroth E, Hall P. Resuspension and its effects on organic carbon recycling and nutrient exchange in coastal sediments in situ measurements using new experimental technology[J]. *Experimental Marine Biology and Ecology*, 2003 :285-286.
- [17] 李文朝, 陈开宁, 吴庆龙, 等. 东太湖水生植物生物物质腐烂分解实验[J]. 湖泊科学, 2001, 13(4) :331-336.  
LI Wen-chao, CHEN Kai-ning, WU Qing-long, et al. Experimental studies on decomposition process of aquatic plant material from east Taihu Lake[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2001, 13(4) :331-336.
- [18] 潘慧云, 徐小花, 高士祥. 沉水植物衰亡过程中营养盐的释放过程及规律[J]. 环境科学研究, 2008, 21(1) :64-68.  
PAN Hui-yun, XU Xiao-hua, GAO Shi-xiang. Study on process of nutrition release during the decay of submerged[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2008, 21(1) :64-68.