

太湖水-沉积物界面磷、pH及碱性磷酸酶的 时空特征及相关性

王福芳, 屈建航*, 胡元森

河南工业大学生物工程学院, 河南 郑州 450001

摘要: 于2011年3、6和9月通过对太湖不同营养化湖区的5个标准采样位点进行采样分析, 探讨了界面沉积物间隙水和上覆水中磷含量、pH及碱性磷酸酶活性的时空分布特征及相关性。结果表明, 上覆水及沉积物间隙水中的总磷(TP)、可溶性正磷酸盐(SAP)、pH及碱性磷酸酶(ALP)活性均表现出明显的空间异质性和季节变化趋势。间隙水总磷(PW-TP)、间隙水可溶性正磷酸盐(PW-SAP)高于上覆水, 分别最高高出0.082、0.042 mg·L⁻¹; 上覆水pH值高于间隙水pH值, 最高高出0.35个单位; 间隙水中碱性磷酸酶(PW-ALP)活性高于上覆水中碱性磷酸酶(W-ALP)活性, 最高高出13.244 μg·mL⁻¹·h⁻¹。TP、SAP、pH及ALP活性在3、6、9月份中均以16#样品最高, 其中6月份16#样品PW-TP、PW-SAP、上覆水pH及PW-ALP活性分别0.527、0.132、7.46和61.090 μg·mL⁻¹·h⁻¹。参数相关性分析结果表明, W-TP与W-SAP、W-pH显著相关。W-SAP与PW-TP、PW-SAP、W-ALP、PW-ALP均显著相关。PW-TP与PW-pH显著相关性, 与PW-ALP活性存在一定的相关性, 但不显著。PW-SAP与PW-ALP显著相关。

关键词: 水-沉积物界面; 磷; pH; 碱性磷酸酶; 时空特征; 相关性

中图分类号: X13

文献标识码: A

文章编号: 1674-5906(2012)05-0907-06

据《2011年中国环境状况公报》显示^[1], 我国水体富营养化总体形势依然十分严峻。江苏省太湖是我国富营养化湖泊的典型代表, 虽然近年来对其富营养化治理进行了很多尝试, 如利用水生植物、底泥疏浚、湿地建设、增加养分循环等, 但水质仍有待于进一步改善^[2]。

磷是水体富营养化的限制性因素, 沉积物磷在一定条件下可能是湖泊重要的营养物来源^[3]。间隙水是沉积物向上覆水过渡的介质, 沉积物间隙水中可溶态磷穿过水-沉积物界面向上覆水传递是沉积物中磷释放的重要途径^[4], 而pH和碱性磷酸酶在磷的释放过程中起着重要的作用^[5-7]。

目前对太湖水-沉积物间磷循环的研究虽有不少报道^[7-9], 但主要针对沉积物中磷的垂向分布及与间隙水营养盐的关系来开展, 对沉积物-间隙水-上覆水三者之间磷含量的相关性研究却很少见。关于在湖体富营养化过程中界面沉积物间隙水的pH、碱性磷酸酶活性变化与磷含量分布的关系及其与湖水交换方面的研究同样较少。了解湖泊沉积物间隙水和上覆水中磷含量、pH及碱性磷酸酶活性的时空变化有助于更好地了解磷在水-沉积物界面的交换过程。因此, 本文通过对太湖不同营养化区域不同季节界面沉积物间隙水和上

覆水中磷含量、pH及碱性磷酸酶活性变化的分析研究, 为探讨磷、pH及碱性磷酸酶活性与太湖富营养化的相互影响, 及其治理提供进一步的理论参考。

1 材料和方法

1.1 样品来源

于2011年3月、6月和9月, 在中科院南京湖泊与地理研究所太湖生态系统研究站协助下, 利用抓土漏斗, 在未扰动条件下采集太湖不同区域水-沉积物界面处的表层沉积物样品。同时采集柱状上覆水。于冰盒中4℃条件下带回实验室, 立即使用。

样品点选取不同富营养化区域的5个太湖生态系统实验站标准采样点编号附近, 即7#(N31°20.300', E120°10.810')、8#(N31°14.890', E120°10.237')、16#(N31°27.033', E120°02.255')、18#(N31°18.588', E120°02.380')和21#(N31°06.991', E120°08.632')。具体地理位点见文献[10]。

1.2 磷、pH及ALP活性的测定

磷的测定采用钼锑抗分光光度法^[11]。样品处理中沉积物4200 r·min⁻¹离心20 min, 上清液经K₂S₂O₈消煮, 测定PW-TP; 上清液经0.22 μm滤膜

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(31000065); 河南省教育厅自然科学研究计划项目(2011B180012); 河南工业大学高层次人才科研基金项目(2010BS008)

作者简介: 王福芳(1987年生), 女, 硕士研究生, 研究方向为环境微生物。E-mail: burdy_dilu@126.com

*通信作者: 屈建航, 副教授, 博士, 研究方向为环境微生物。E-mail: qjh_bata@163.com

收稿日期: 2012-04-11

过滤,滤液用于PW-SAP的测定^[12]。上覆水样经 $K_2S_2O_8$ 消煮,测定W-TP;水样经 $0.22\ \mu\text{m}$ 滤膜过滤,滤液用于W-SAP的测定。

PHS-3C型pH计测定上覆水和沉积物间隙水的pH值。

碱性磷酸酶(ALP)活性的测定^[13],精确1 mL样品,加4.00 mL的 $5\ \text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ pH 8.5 Tris-HCl缓冲液,摇匀后加入反应底物即1.00 mL的 $5\ \text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ pNPP-Na(对-硝基酚磷酸钠), $37\ ^\circ\text{C}$ 1 h, $0.5\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH终止反应,测定 OD_{410} ,并以不加样品的反应体系为空白对照。

水浊度的测定采用分光光度法^[14]:在 $28\ ^\circ\text{C}$ 下,硫酸肼与六次甲基四胺聚合,形成白色高分子聚合物。以此作为浊度标准液,在一定条件下与水样浊度相比较。分光光度计测定 OD_{680} 值。

1.3 参数简写

文中参数使用简写,W指上覆水;PW指间隙水;TP指总磷;SAP指可溶性正磷酸盐;ALP指碱性磷酸酶。则W-TP为上覆水总磷,PW-SAP为间隙水可溶性正磷酸盐等,以此类推。

1.4 数据统计及相关性分析

各实验均设置3个平行,对3组平行数据,取平均值,以Excel进行误差分析,并作图。用SAS(9.0)软件对实验数据进行相关性统计。

2 结果与分析

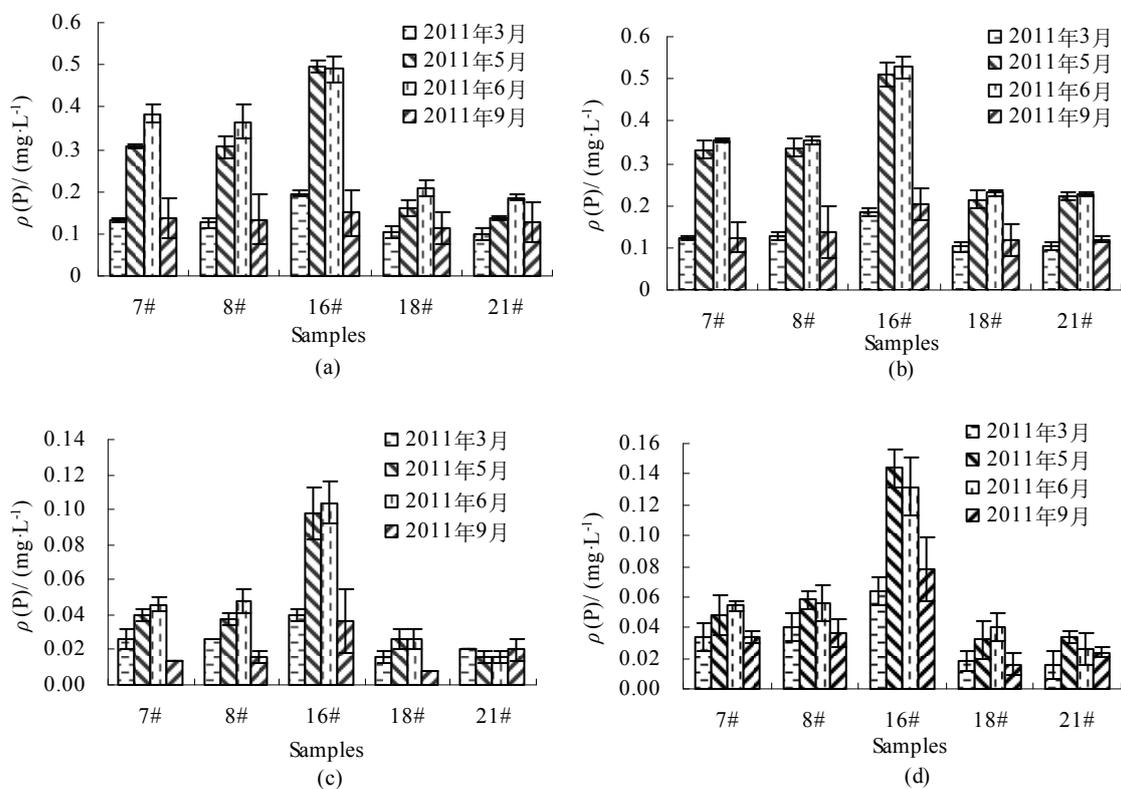
2.1 磷含量的时空分布

W-TP、PW-TP及W-SAP、PW-SAP的测定结果(图1)表明,同时期条件下,各磷含量都具有明显的空间异质性。富营养区的16#位点TP和SAP含量明显高于其它位点,而7#、8#略高于18#、21#。间隙水的TP和SAP分别高于各自相应的上覆水,如5月份21#间隙水TP比上覆水TP高出 $0.082\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,5月份16#间隙水SAP比上覆水SAP高出 $0.046\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,形成界面处上覆水和间隙水的磷浓度梯度,沉积物中的磷有通过间隙水向上覆水释放的趋势。

W-TP、PW-TP及W-SAP、PW-SAP的含量分布同样具有明显的季节性差异。总体来看,TP和SAP呈现夏季藻华期高于非藻华期的特点,即3和9月份W-TP、PW-TP及W-SAP、PW-SAP含量较5、6月份低,5、6月份16#间隙水总磷质量浓度分别达到 0.511 和 $0.527\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

各个位点在3、5、6、9月份的水浊度如图2所示。整体来看,3和9月份的水浊度较大,明显高于5和6月份。16#的水浊度较其他4个位点的水浊度高,最高达 61.87 度。

各个位点上覆水、间隙水的pH值结果(见图3)表明,不同季节、不同营养化区域上覆水和间隙



(a) W-TP; (b) PW-TP; (c) W-SAP; (d) PW-SAP

图1 太湖W-TP、PW-TP及W-SAP、PW-SAP的空间与季节分布

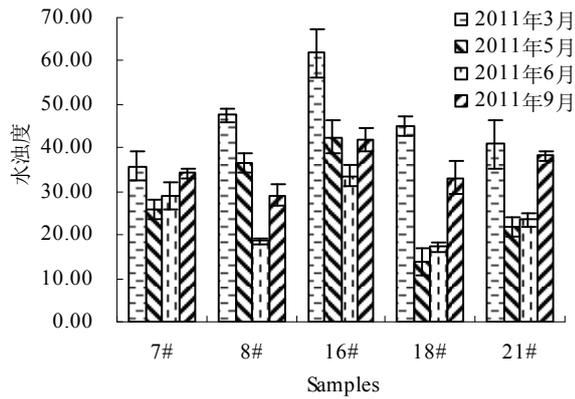


图2 太湖3、5、6、9月份上覆水水浊度

水pH值变化各不相同,但就整体而言,除3月份pH值普遍偏弱酸性外,其它5、6、9月份pH值在7.02~7.50之间变动,呈中性或弱碱性,上覆水pH值高于间隙水pH值,最高高出0.35个单位。16#位点的pH值高于其他4个位点的pH值,6月份16#上覆水pH值为7.46。

PW-ALP活性及W-ALP活性的测定结果见图4。从图中可以看出ALP含量分布具有空间异质性和季节性。总体来看,3月份PW-ALP及W-ALP活

性和6月份PW-ALP及W-ALP活性相近,但稍高于9月份。16#位点的PW-ALP及W-ALP活性最高,6月份PW-ALP活性为61.090 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}\cdot\text{h}^{-1}$,3月份W-ALP活性为58.640 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}\cdot\text{h}^{-1}$ 。间隙水的酶活性要高于上覆水,6月份16#的PW-ALP活性比W-ALP高出13.280 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

2.2 各因子相关性分析

利用SAS分析软件对上覆水和沉积物间隙水各参数进行单因子方差分析,得出各因子之间的相关性如表1。

从表1中可以看出W-TP与W-SAP呈显著相关性($P<0.05$),与W-pH呈极显著相关性($P<0.01$),与W-ALP存在一定的相关性,但不显著;与PW-TP、PW-SAP、PW-pH、水浊度、PW-ALP活性均不存在相关性。W-SAP与PW-TP、PW-SAP呈极显著相关性($P<0.01$);与W-ALP、PW-ALP呈显著相关性($P<0.05$);与W-pH、PW-pH及水浊度均存在一定的相关性,但不显著。PW-TP与PW-SAP、PW-pH呈极显著相关性($P<0.01$);与W-pH呈显著相关性($P<0.05$);与水浊度、W-ALP不存在相关性;与PW-ALP活性存在一定的相关性,但不显著。PW-SAP与PW-ALP呈显著相关性($P<0.05$);与

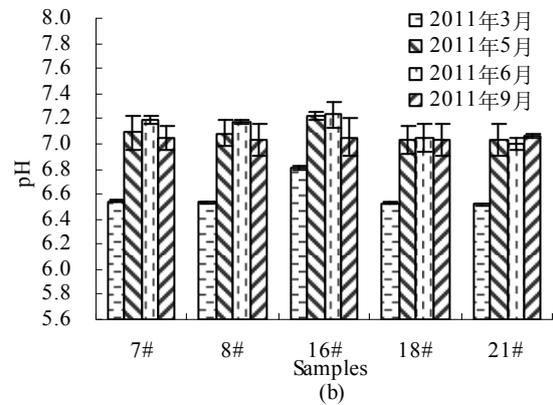
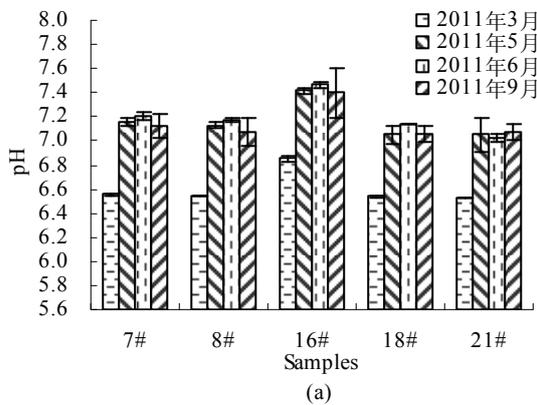


图3 太湖3、5、6、9月份上覆水(a)及间隙水(b)中pH分布

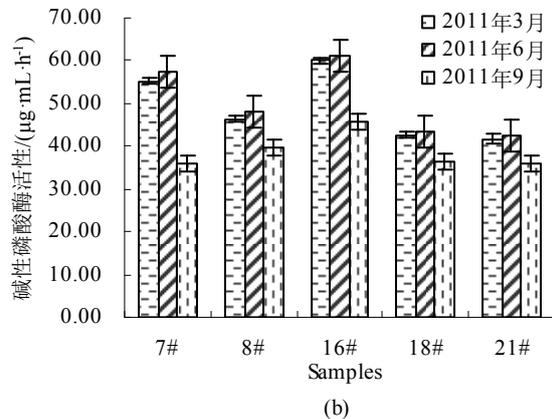
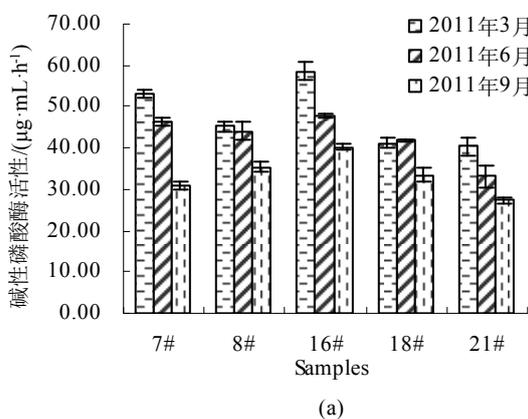


图4 太湖W-ALP(a)和PW-ALP(b)总酶活性的空间与季节分布

表1 上覆水和间隙水各参数相关性分析

R^2	W-TP	W-SAP	PW-TP	PW-SAP	W-pH	PW-pH	水浊度	W-ALP	PW-ALP
W-TP	1	0.991*	-	-	0.998**	-	-	0.959	-
W-SAP	0.991*	1	0.933**	0.974**	0.547	0.461	0.510	0.793*	0.909*
PW-TP	-	0.933**	1	0.941**	0.978*	0.998**	-	-	0.959
PW-SAP	-	0.974**	0.941**	1	0.969	0.547	0.510	-	0.793*

*表示 $P<0.05$, **表示 $P<0.01$, -表示没有相关性

W-ALP不存在相关性;与W-pH、PW-pH及水浊度均存在一定的相关性,但不显著。

3 讨论

3.1 界面沉积物磷及其释放

水-沉积物界面是水体营养物质循环的关键,0~20 cm深度范围内的沉积物主要影响水-沉积物界面的磷循环^[15],因而围绕表层沉积物及其上覆水的研究可以认为是广义的水-沉积物界面,本研究的沉积物为约10 cm深度。

间隙水中的物质向沉积物表面扩散进而向湖泊上覆水混合扩散的过程,主要是由浓度差支配的;磷作为湖泊富营养化的主要限制性因子,在间隙水中浓度分布直接影响着水-沉积物界面的交换过程^[3]。沉积物中磷在间隙水中以可溶态磷酸盐的形态向湖水释放。

本研究表明太湖W-TP、PW-TP、W-SAP及PW-SAP均具有明显季节变化性,这与张利民等^[16]得出的TP等呈季节性周期变化结论一致。张路等^[17]研究表明太湖草型湖区—东太湖氮磷界面交换平均通量高于藻型湖区—梅梁湾,但2个湖区的季节性变化规律不甚相同,东太湖表现为夏季>春秋>冬季的特征,但梅梁湾的季节性变化规律不明显。本研究表明,5个采样点的磷含量变化表现为5、6月份>9月份>3月份的特征。时丹等^[9]利用DET(薄膜扩散平衡)技术对太湖不同湖区间隙水水溶解态反应性磷进行了分析,表明间隙水水溶解态反应性磷横向空间分异明显,这与本次试验中得出的间隙水PW-SAP具有空间异质性相似,同时本研究还表明PW-TP、W-TP和W-SAP的空间分异也很明显。

相关性分析结果表明,W-SAP与W-TP、PW-TP与PW-SAP具有显著相关性,说明无论是上覆水还是间隙水中可溶性正磷酸盐都与总磷有密切的关系。由于频繁的水土物质交换,浅水湖泊中水-界面沉积物性质对水相磷的控制作用更为密切,水-界面沉积物对水相磷的吸附能力可以更好地控制水相磷含量^[18],从相关性分析得出W-SAP与PW-TP、PW-SAP呈极显著相关性($P<0.01$)。

虽然太湖水质长期变化趋势稳中向好,但湖

体水质指标短期仍有所波动。2009年1月—2010年8月,综合营养状态指数范围为53~62,仍处于富营养状态;短期内营养物质难以低于蓝藻生长阈值,湖体水质仍适宜蓝藻生长^[16]。据分析,蓝藻水华适宜磷质量浓度范围为0.1~0.8 mg·L⁻¹^[19],本研究中5、6月份16#上覆水总磷质量浓度分别达到0.497和0.489 mg·L⁻¹,所以该区很容易成为蓝藻水华的适宜生长场所,7、8、18和21#的总磷质量浓度均处于0.1~0.8 mg·L⁻¹范围内,适宜蓝藻水华的生长。总体看来,PW-TP高于W-TP、PW-SAP高于W-SAP,这种差异表明了沉积物中磷有通过间隙水向上覆水进一步释放的趋势。

3.2 pH、碱性磷酸酶、水浊度与磷循环的相关性

pH影响着水体磷形态的转换,正磷酸盐在水溶液中存在多种形态,如PO₄³⁻、H₂PO₄⁻和HPO₄²⁻,在不同的pH条件下,正磷酸盐以不同的形态和溶解度存在,且随着pH的升高,HPO₄²⁻的相对比例逐渐升高,待pH值升高至9,磷酸盐基本上全部以HPO₄²⁻形式存在,而这种形式的磷与Ca²⁺、碳酸盐体系发生共沉淀结合形成更难溶的磷形态^[20]。本研究结果显示,太湖上覆水与沉积物间隙水之间存在pH梯度差(最高达0.35个单位),形成了磷酸根形态的转化和迁移的动力。相关性分析结果表明太湖W-TP与W-pH呈极显著相关性($P<0.01$),间隙水PW-TP与PW-pH呈极显著相关性($P<0.01$),PW-SAP与PW-pH也存在一定的相关性,充分说明了pH在水-沉积物界面磷循环中的重要作用。

碱性磷酸酶能催化有机磷被分解并释放正磷酸盐,使水体中可溶性有效磷含量增加。相关性分析表明W-SAP与PW-ALP呈显著相关性($P<0.05$)。本研究结果表明太湖W-ALP、PW-ALP和沉积物中ALP活性均表现出空间性和季节性变化,路娜等^[21]研究表明太湖水体中碱性磷酸酶活性呈现出非均一性分布特征,这与本研究的结论一致,并认为这可能与太湖各湖区水体中细菌、浮游动植物等数量有关。章婷曦等^[6]的研究表明太湖沉积物中碱性磷酸酶活力在不同点位其大小不同,且分布具有一定的规律性,表现出与沉积物的污染程度和沉积环境有关。污染程度高,水动力条件差,水体交换能力弱的位点碱性磷酸酶

活力高。宋炜等^[22]研究表明太湖水体中碱性磷酸酶活性呈现较为明显的季节变动,不同采样点间酶活性差异较大,随深度的增加,碱性磷酸酶活性逐渐降低。周易勇等^[23]研究表明沉积物磷酸酶的行为与分布受制于多重因素,在浅水湖泊沉积物中,由磷酸酶介导的磷循环具有显著的地域特征,这种变异可能与沉积物的质地、微生物的关系、磷的形态特征以及胁迫状况密切相关。本研究表明在同一月份各位点碱性磷酸酶活性随总磷含量的增加而增加,碱性磷酸酶活性与总磷存在一定的相关性,但并不显著。上覆水可溶性正磷酸盐与上覆水碱性磷酸酶活性和间隙水碱性磷酸酶活性均呈显著相关性。间隙水可溶性正磷酸盐与间隙水碱性磷酸酶活性呈显著相关性。

水浊度是表现水中悬浮物对光线透过时所发生的阻碍程度。也就是说,由于水中有不溶解物质的存在,使通过水样的部分光线被吸收或被散射,而不是直线穿透。透明度和浊度两者综合影响有关的水质指标。朱广伟^[19]等研究表明水体透明度与水体TP含量有一定的相关,但与DTP含量的关系不好。本研究表明水体浊度与水体可溶性正磷酸盐呈一定相关性,这些都反映出浅水湖泊水质和生态类型的复杂性。

4 结论

研究了太湖不同季节、不同富营养化区域5个位点的界面沉积物和上覆水的磷含量、pH及碱性磷酸酶活性,结果表明:

(1)五位点上覆水及沉积物间隙水中的TP、SAP、pH及ALP均表现出明显的空间异质性和季节变化趋势。PW-TP、PW-SAP高于W-TP、W-SAP;上覆水pH值高于间隙水pH值;PW-ALP活性高于W-ALP活性。TP、SAP、pH及ALP在3、6、9月份中均以16#位点样品最高。

(2)W-TP与W-SAP呈显著相关性($P<0.05$),与W-pH呈极显著相关性($P<0.01$)。W-SAP与PW-TP、PW-SAP呈极显著相关性($P<0.01$);与W-ALP、PW-ALP呈显著相关性($P<0.05$)。PW-TP与PW-pH呈极显著相关性($P<0.01$);与PW-ALP活性存在一定的相关性,但不显著。PW-SAP与PW-ALP呈显著相关性($P<0.05$)。

参考文献:

[1] 中华人民共和国环境保护部部长. 2011中国环境状况公报[R]. 北京: 环境保护部, 2012: 4-20.
 [2] Hu K M, Pang Y, Wang H, et al. Simulation study on water quality based on sediment release flume experiment in Lake Taihu, China [J]. *Ecological Engineering*, 2011, 37: 607-615.
 [3] 汤宝靖, 陈雷, 姜霞, 等. 巢湖沉积物磷的形态及其与间隙水磷

的关系[J]. *农业环境科学学报*, 2009, 28(9): 1867-1873.
 TANG Baojing, CHEN Lei, JIANG Xia, et al. Phosphorus Speciations in Sediments and Their Relationships with Soluble Phosphorus Concentrations in Porewater in Lake Chaohu[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2009, 28(9): 1867-1873.
 [4] 罗玉兰, 徐颖, 曹忠. 秦淮河底泥及间隙水氮磷垂直分布及相关性分析[J]. *农业环境科学学报*, 2007, 26(4): 1245-1249.
 LUO Yulan, XU Ying, CAO Zhong. Vertical Distributions of Nitrogen and Phosphorus in the Sediment and Porewater in Qinhuai River and Their Relationships [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26(4): 1245-1249.
 [5] Zhang T X, Wang X R, Jin X C. Variations of alkaline phosphatase activity and P fractions in sediments of a shallow Chinese eutrophic lake (Lake Taihu) [J]. *Environmental Pollution*, 2007, 150: 288-294.
 [6] 章婷曦, 王晓蓉, 金相灿. 太湖沉积物中碱性磷酸酶活力(APA)和磷形态的垂向特征及相关性[J]. *农业环境科学学报*, 2007, 26(1): 36-40.
 ZHANG Tingxi, WANG Xiaorong, JIN Xiangcan. Vertical Variation of Alkaline Phosphatase Activity and Phosphorus Forms in the Taihu Lake Sediment and the Relationship Between Them [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26(1): 36-40.
 [7] Jin X C, Wang S R, Pang Y, et al. Phosphorus fractions and the effect of pH on the phosphorus release of the sediments from different trophic areas in Taihu Lake, China [J]. *Environmental Pollution*, 2006, 139: 288-295.
 [8] 吴俊锋, 谢飞, 陈丽娜, 等. 太湖重污染湖区底泥沉积物特性[J]. *水资源保护*, 2011, 27(4): 74-78.
 WU Junfeng, XIE Fei, CHEN Lina, et al. Characteristics of bottom sediment in heavily polluted area of Taihu Lake [J]. *Water Resources Protection*, 2011, 27(4): 74-78.
 [9] 时丹, 丁士明, 许笛, 等. 利用薄膜扩散平衡技术分析沉积物间隙水溶解态反应性磷[J]. *湖泊科学*, 2009, 21(6): 768-774.
 SHI Dan, DING Shiming, XU Di, et al. Determination of soluble reactive phosphorus in porewaters of sediments using the technique of diffusive equilibration in thin films [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2009, 21(6): 768-774.
 [10] 尹洪斌, 范成新, 蔡永久. 太湖表层沉积物 AVS 与 SEM 分布特征及相互关系[J]. *湖泊科学*, 2008, 20(5): 585-590.
 YIN Hongbin, FAN Chengxin, CAI Yongjiu. Distribution characteristic and correlation of AVS and SEM in surface sediments of Lake Taihu [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2008, 20(5): 585-590.
 [11] 国家环境保护总局. 《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 4.
 [12] 何桐, 谢健, 余汉生, 等. 大亚湾表层沉积物间隙水与上覆水中营养盐分布特征[J]. *环境科学学报*, 2008, 28(11): 2361-2368.
 HE Tong, XIE Jian, YU Hansheng, et al. The distribution of nutrients in the interstitial water and overlying water in Daya Bay [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2008, 28(11): 2361-2368.
 [13] Berman T. Alkaline phosphatases and phosphorus availability in Lake Kinneret [J]. *Limnol Oceanogr*, 1970, 15(1): 663-674.
 [14] 电力行业电厂化学标准化技术委员会. DL/T 809—2002 中华人民共和国电力行业标准. 电力行业标准水质-浊度的测定[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002: 9.
 [15] Sondergaard M, Jensen J P, Jeppesen E. Internal phosphorus loading in shallow Danish lakes[J]. *Hydrobiologia*, 1999(408/409): 145-152.
 [16] 张利民, 钱江, 汪琦. 江苏省太湖应急防控形势及对策体系研究[J]. *环境监测管理*与技术, 2011, 23(2): 1-7.
 ZHANG Limin, QIAN Jiang, WANG Qi. Situation and Solution

- System for Prevention and Control of Emergency in Taihu Lake [J]. *The Administration and Technique of Environmental Monitoring*, 2011, 23(2): 1-7.
- [17] 张路, 范成新, 王建军, 等. 太湖水土界面氮磷交换通量的时空差异[J]. *环境科学*, 2006, 27(8): 1537-1543.
ZHANG Lu, FAN Chengxin, WANG Jianjun, et al. Space-Time Dependent Variances of Ammonia and Phosphorus Flux on Sediment-Water Interface in Lake Taihu[J]. *Environmental Science*, 2006, 27(8): 1537-1543.
- [18] 朱广伟, 秦伯强, 高光, 等. 长江中下游浅水湖泊沉积物中磷的形态及其与水相磷的关系[J]. *环境科学学报*, 2004, 24(3): 381-388.
ZHU Guangwei, QIN Boqiang, GAO Guang, et al. Fractionation of phosphorus in sediments and its relation with soluble phosphorus contents in shallow lakes located in the middle and lower reaches of Changjiang River, China[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2004, 24(3): 381-388.
- [19] 朱广伟. 太湖水质的时空分异特征及其与水华的关系[J]. *长江流域资源与环境*, 2009, 18(5): 439-445.
ZHU Guangwei. Spatio-Temporal Distribution Pattern of Water Quality in Lake Taihu and Its Relation with Cyanobacterial Blooms [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2009, 18(5): 439-445.
- [20] 陈垚, 周健, 甘春娟, 等. 初始pH值对磷酸盐还原除磷的影响研究[J]. *环境工程学报*, 2011, 5(11): 2428-2432.
CHEN Yao, ZHOU Jian, GAN Chunjuan, et al. Effect of initial pH value on phosphorus removal of phosphate reduction [J]. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, 2011, 5(11): 2428-2432.
- [21] 路娜, 胡维平, 邓建才, 等. 太湖水体中碱性磷酸酶的空间分布及生态意义[J]. *环境科学*, 2009, 30(10): 2898-2903.
LU Na, HU Weiping, DENG Jiancai, et al. Spatial Distribution Characteristics and Ecological Significance of Alkaline Phosphatase in Water Column of Taihu Lake [J]. *Environmental Science*, 2009, 30(10): 2898-2903.
- [22] 宋炜, 袁丽娜, 肖琳, 等. 太湖沉积物中解磷细菌分布及其与碱性磷酸酶活性的关系[J]. *环境科学*, 2007, 28(10): 2355-2360.
SONG Wei, YUAN Lina, XIAO Lin, et al. ALPase Activity and the Distribution of Phosphate Solubilizing Bacteria and the Relationship Between Them in Sediments of Lake Taihu [J]. *Environmental Science*, 2007, 28(10): 2355-2360.
- [23] 周易勇, 李建秋, 张敏, 等. 浅水湖泊中沉积物碱性磷酸酶动力学参数的分布[J]. *湖泊科学*, 2001, 13(3): 261-266.
ZHOU Yiyong, LI Jianqiu, ZHANG Min, et al. Distribution of Kinetic Parameters of Alkaline Phosphatase in Sediments of Shallow Lakes [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2001, 13(3): 261-266.

Spatio-temporal characteristics and correlation of phosphate, pH and alkaline phosphatase on water-sediment interface of Lake Taihu

WANG Fufang, QU Jianhang*, HU Yuansen

College of Bioengineering, Henan University of Technology, Zhengzhou, Henan 450001, China

Abstract: The spatial and temporal distribution of phosphate, pH and alkaline phosphatase activity in the interfacial sediment interstitial water and the overlying water from five standard sampling sites of Lake Taihu were studied, and the relationships between them were determined, mainly based on the sampling time of March, June and September 2011. The results showed that the spatial differences among lake areas were significant and highly varied seasonally with the TP, SAP, pH and alkaline phosphatase activity in overlying water and the sediment interstitial water. Content of PW-TP and PW-SAP were higher than W-TP and W-SAP, with 0.082 and 0.042 mg·L⁻¹ at most respectively; value of W-pH were higher than PW-pH with 0.35 units at most; PW-ALP activity were higher than W-ALP with 13.244 μg·mL·h⁻¹ at most. In March, June and September, the content of TP, SAP, pH and ALP activity were the highest at 16# site, and the content of TP, SAP, pH and ALP activity of 16# site in June were 0.527, 0.132 mg·L⁻¹, 7.46 and 61.09 μg·mL·h⁻¹, respectively. Correlation analysis showed that W-TP was significantly correlated with W-SAP and W-pH; W-SAP was significantly correlated with PW-TP, PW-SAP, W-ALP and PW-ALP. PW-TP was significantly correlated with PW-pH; but there was not evident relativity between the PW-TP and the PW-ALP. PW-SAP was significantly correlated with PW-ALP.

Key words: water-sediment interface; phosphate; pH; alkaline phosphatase; spatio-temporal characteristics; correlation