

文章编号: 1001-1498(2008)04-587-05

西溪国家湿地公园水体和底泥 N、P 营养盐分布特征及评价

吴明, 邵学新, 蒋科毅

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 国家林业局杭州湾湿地生态系统定位研究站, 浙江 富阳 311400)

关键词: 西溪湿地; 水环境质量; 营养盐含量; 分布; 评价
中图分类号: X52 文献标识码: A

Characteristics and Assessment on Nutrient Distribution in Water and Sediments of Xixi National Wetland Park in Hangzhou

WU Ming, SHAO Xue-xin, JIANG Ke-yi

(Research Institute of Subtropical Forestry, CAF; Wetland Ecosystem Research Station of Hangzhou Bay, State Forestry Administration, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

Abstract: By research on wetland water quality and nutrient distribution in sediments of Xixi Wetland, which is the first national wetland park in China, the results indicated that the water quality had been improved especially in Wuchang Creek and Deep Pond after sediment dredging. The other inspecting points were still bad and belonged to V or worse than V standard of water quality, which would not be qualified for the tourism. The total nitrogen and phosphorus contents were low in the surface sediments (0 - 20 cm) of wetland. The average contents of total nitrogen and phosphorus were $1.79 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $0.80 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ respectively. Spatially, the total nitrogen and phosphorus contents were lower in center wetland than that in outside. And it was the same situation in sediment dredging creeks. The distribution of nitrogen and phosphorus in sediments profiles indicated that the accumulation of nutrients had been reduced in center wetland, while it was improved in outside creeks which were disturbed by human activities more frequently. The total nitrogen and phosphorus contents in sediments of Xixi Wetland were lower than that in other wetland. However, the results of primarily assessment remind us of paying more attention to nutrient contents in sediments of Xixi Wetland, which had reached the environmental criterions. All the conclusions above would provide useful information for the farther reclamations of Xixi Wetland.

Key words: Xixi Wetland; water quality; nutrient contents; distribution; assessment

湿地生态系统具有多种功能和价值,是人类重要的自然资源,被称为“自然之肾”,在调节气候、降解污染物、净化水质、保护生物多样性和为人类提供生产、生活资源等方面发挥着重要作用^[1-2]。底泥作为湿地水体三大环境要素(水质、水生生物和底泥)之一,是底栖生物的栖息地和水生植被生长的重

要场所,是水体中营养物质的重要蓄积库,在沉淀和释放污染物方面起重要作用,有时也是形成水体富营养化的关键因素之一^[3-4]。随着大量 N、P 等营养盐和生物残体的排入,不少湿地遭受不同程度的破坏,水体受到污染,富营养化现象严重。湿地水体中的污染物易转移到底泥中,导致底泥受到污染,而受

收稿日期: 2006-12-06

基金项目: “十一五”国家科技攻关专题(2006BAD03A1902);国家湿地公园示范项目“西溪国家湿地公园研究”;浙江省重点科技攻关计划(2005C22072)

作者简介: 吴明(1969—),男,浙江嵊州人,副研究员,主要研究方向为土壤生态学。

污染的底泥对 N、P 等营养盐和其它污染物的富集作用更加明显^[5-6]。虽然外源输入是控制湖泊富营养化的主要因素,但从防止湖泊富营养化继续发展的角度来看,外源性营养物质被控制之后,在一定条件下底泥中的 N、P 仍然可以通过间隙水与上覆水进行物理、化学和生物的交流作用^[7],并且 N、P 内负荷在总输入量中认为占有相当比重^[8]。因此,研究底泥中 N、P 的含量,对阐明水生生态系统中 N、P 的循环、转移和积累的过程以及在防止富营养化、控制“内负荷”方面都具有十分重要的意义。

西溪国家湿地公园是杭州市区仅存的一块城郊型湿地,也是目前国内第一个集城市湿地、农耕湿地、文化湿地于一体的国家湿地公园。历史上的西溪湿地面积达 60 km²,随着工业化和城市化的推进,西溪湿地大量被侵占,湿地面积锐减至目前的 10 余 km²;然而,无论从历史还是现实看,西溪湿地都是杭州绿地生态系统的重要组成部分,具有多种重要生态功能,是杭州生态安全和经济社会可持续发展的重要基础,可谓杭城之“肾”。作为全国第一个国家湿地公园,其目前的水环境特别是底泥营养盐含量等现状尚不甚清楚,作者对此进行了专门调查研究,以期对西溪国家湿地公园的进一步开发整治提供科学参考。

1 研究区域概况

西溪国家湿地公园位于杭州市区西部,距西湖仅 5 km,其东至紫金港,西以五常港与余杭区为界,南至沿山河,北至余杭塘河,地理位置见简图 1。全区东西长约 5.7 km,南北宽约 4.1 km,总面积为 10.08 km²,其中一期工程景区面积为 3.46 km²。湿地属亚热带季风气候区,四季分明,雨量丰沛,光照充足。根据实测资料,该区多年平均降水量为 1 421.6 mm。据水面观测统计,该地区多年平均蒸发量为 758 mm。据杭州气象站气象观测资料统计,多年平均气温 16.2℃;相对平均湿度和月平均相对湿度 75%~85%,多年平均气压为 1 011.6 hPa。

2 材料与方法

水样布点和采集依据国家环境保护行业标准《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T91-2002)进行,根据西溪湿地河道分布状况、目前整治现状并经现场踏勘,总共布置 12 个点。用水样采集器采取水样,每季监测 1 次,1 年 4 次。本研究主要选用高锰

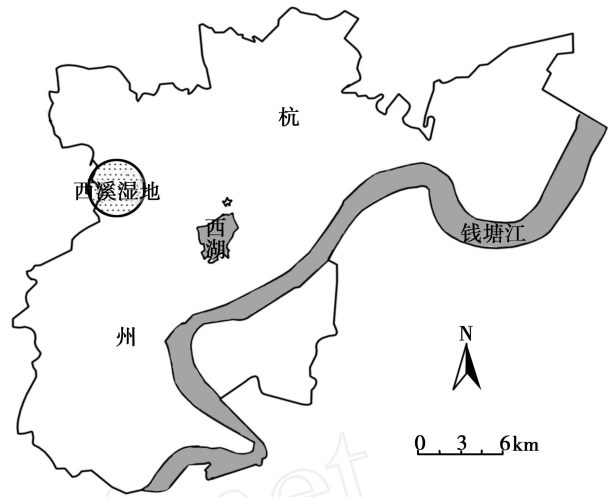


图 1 西溪湿地地理位置

酸盐指数 (COD_{Mn})、透明度、总 P 和氨氮 ($NH_4^+ - N$) 4 个指标,分别采用酸性法、塞氏盘法、钼锑抗分光光度法和纳氏试剂光度法测定^[9]。

底泥柱状样品用荷兰 Eijkkamp 公司 Beeker 型底泥原状采样器采取,采样时间 2006 年 9 月,样点基本位于水样监测点正下方。根据湿地河道的疏浚状况、景区的发育现状等因素选择其中的 6 个样点进行分析,分别是一期工程景区内已疏浚河道的 1# 虾龙滩;一期工程景区内未疏浚河道的 2# 虾龙滩支流、3# 深潭口;一期工程景区外围已疏浚的 4# 蒋村港与沿山河交接处;未疏浚河道的 5# 深村河道、6# 蒋村港桥边。根据实际采集的底泥深度按 0~20、20~40 cm 等进行分层取样。样品经风干后过 100 目筛,分析营养盐 N、P 的含量。总 N 采用半微量开氏分析法测定,总 P 采用高氯酸-氢氟酸消化,比色法测定^[3, 10]。

3 结果与分析

3.1 西溪湿地水质的时空变化

初步调查,20 世纪 70 年代,西溪地区的水环境非常好,达到地表水质量Ⅲ类标准,可供生活饮用;随着工业化和城市化的推进,特别是近 10 多年来,进入西溪湿地的上游河流开始受到工业污染和生活污染的影响,以及当地的大量生活、生产污水进入附近水体,湿地水体污染逐步加剧,到 2003 年时,西溪湿地水体及周边的河流水体质量基本以劣Ⅴ类地表水出现,超标项目以氨氮、总 N 为主,已失去使用价值,影响到当地的渔业发展。

随着西溪湿地保护工程的启动,一期工程建成

后,水体得到有效的保护和恢复,根据杭州市环境监测中心站和本研究组对水质的监测数据表明(表 1):景区主要观测点水质在西溪湿地整治后(2005 年 5 月),由于采取配水措施,水质有所好转,其中五常港和深潭口水质类别明显提高。秋雪庵核心景区

整治前(2004 年 7 月)主要是因为富营养化引起的水质较差,水体表观尚可,整治后初期水质较以前有较大的下降,氨氮污染程度较以前成倍增加,但从 2006 年 5 月的监测数据来看,水质又有所改善。景区其它监测点水质不太理想,属 ~劣 类标准。

表 1 西溪湿地主要测点水质变化

测点	采样时间(年-月)	透明度/cm	COD _{Mn} /(mg·L ⁻¹)	总 P/(mg·L ⁻¹)	氨氮/(mg·L ⁻¹)	总体类别
秋雪庵	2004-07	45	7.30	0.261	0.333	劣
	2005-05	22	8.82	0.327	3.64	劣
	2006-05	32	4.11	0.051	1.28	
深潭口	2004-07	60	4.50	0.126	2.21	劣
	2005-05	51	6.29	0.196	1.76	
	2006-05	32	4.51	0.056	1.42	
五常港	2004-07	52	6.52	0.610	11.05	劣
	2005-05	141	4.53	0.176	0.735	
	2006-05	26	3.63	0.141	1.82	

注:水质总体类别参照《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)。

据 2006 年《杭州市环境状况公报》,西湖水质为类标准。因而总体而言,西溪湿地水体景观和水质不如西湖,尚不能完全满足湿地建设目标和游人的视觉要求。

3.2 西溪湿地底泥 N、P 营养盐含量分布

造成西溪湿地水体营养物质含量较高,藻类大量繁殖的原因除市政基础设施配套滞后,截污不到位,附近生活污水泄入湿地外,底泥内源负荷释放可能是影响水质的一个重要原因,需要对底泥的 N、P

营养盐负荷进行研究。

3.2.1 底泥表层 N、P 含量的空间分布 从表 2 中可以看出:西溪湿地底泥表层(0~20 cm)总 N 含量为 0.56~2.98 g·kg⁻¹,平均值为 1.79 g·kg⁻¹。高值点位于 6#蒋村港桥边,而 1#虾龙滩样点含量最低。底泥表层总 P 含量为 0.37~1.19 g·kg⁻¹,平均值为 0.80 g·kg⁻¹。总 P 含量的高值点位于 5#深村河道,而含量最低点也位于 1#虾龙滩样点。

表 2 西溪湿地底泥表层(0~20 cm) N、P 含量空间分布

项目	一期工程景区内			一期工程景区外围		
	1#虾龙滩	2#虾龙滩支流	3#深潭口	4#蒋村港与沿山河交接处	5#深村河道	6#蒋村港桥边
总 N	0.56	1.45	1.79	1.61	2.36	2.98
总 P	0.37	0.38	0.76	1.13	1.19	0.98

由于 5#深村河道和 6#蒋村港桥边样点处于一期工程景区外围,附近都是生活区,可能接纳较多周边的生活和工业污水,该河道也未进行过底泥疏浚,所以底泥中总 N、总 P 含量较高;而 1#虾龙滩样点位于一期工程景区内,在景区开园之前进行过河道底泥的疏浚,同时截污工作也比较到位,在该点采样时发现底泥深度不超过 20 cm,因而该样点总 N、总 P 含量较低。尽管 4#蒋村港与沿山河交接处的河道也已进行过疏浚,但可能由于该点处于景区外围,特别是沿山河承接上游一些大学校区、居民生活区等污水,沿河附近情况较为复杂,容易导致上游带来的污染物在采样处再次沉积,因而该样点 N、P 含量仍然较高。此外,位于景区内的 2#虾龙滩支流和

3#深潭口 2 个样点所在河道未进行过底泥疏浚,其 N、P 含量处于中间水平。

3.2.2 底泥柱样中 N、P 含量的垂直变化 图 2 为底泥柱样中 N、P 含量的垂直分布。由于 1#虾龙滩和 4#蒋村港与沿山河交接处 2 个样点处河道进行过底泥疏浚,未能采到多层样品,因而只有 4 个样点的分布情况。从图 2 中可以看出:景区外围未疏浚河道特别是 5#深村河道采样点底泥各层 N、P 含量都高于景区内(2#虾龙滩支流和 3#深潭口)底泥柱样中的含量。在垂直分布上,5#深村河道和 6#蒋村港桥边 2 个样点都表现为随着沉积深度增加 N、P 含量降低的趋势,而 2#虾龙滩支流和 3#深潭口 2 个样点随沉积深度增加 N、P 含量表现为增加的趋势。

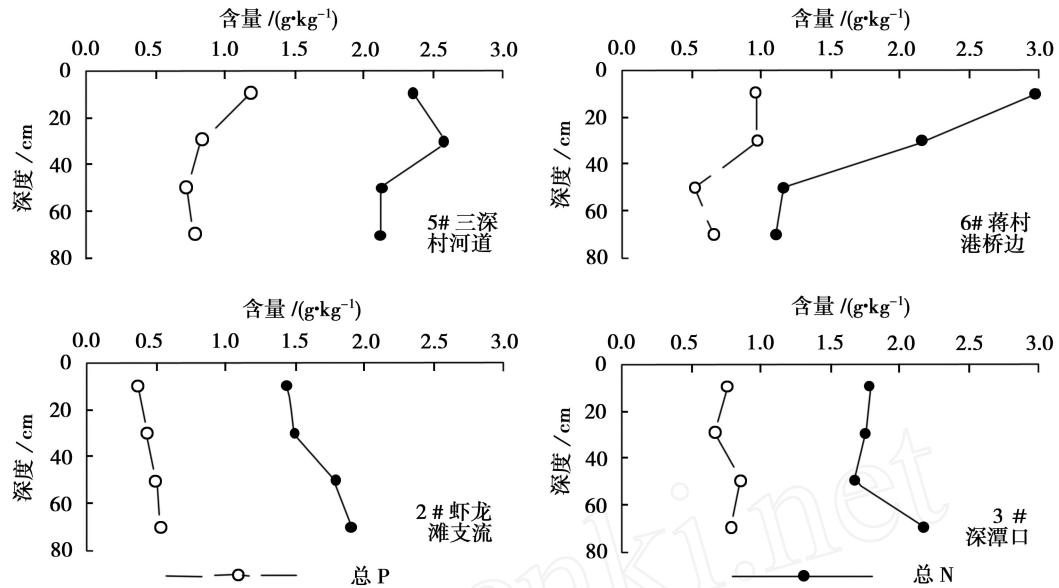


图 2 底泥柱样中 N、P 含量的垂直分布

底泥柱样中 N、P 含量的变化可以反映出不同历史时期营养盐的演化特征^[11],因而可以推断,景区外围 5#三深村河道和 6#蒋村港桥边两处外源 N、P 营养盐输入仍然处于一个逐年增加的趋势,使底泥 N、P 负荷逐渐加重,而景区内 2#虾龙滩支流和 3#深潭口两处 N、P 营养盐输入则处于一个减少的态势。

3.2.3 西溪湿地底泥营养程度初步评价 表层底泥中总 N、总 P 的含量可直接反映其营养程度。将西溪湿地底泥表层 N、P 营养盐含量与其它湿地底泥含量进行比较^[12-14],结果见表 3。从表 3 可以看出,西溪湿地底泥 N、P 营养程度要明显低于其它几个湿地。

目前对河流、湖泊底泥的环境质量评价尚没有明确的标准,因而作者以加拿大安大略省环境和能源部(1992)制定的环境质量评价标准作为参考^[15-16]。该标准根据底泥中污染物对底栖生物的生态毒性效应进行分级(安全级、最低级、严重级),评价的指标体系包括营养物指标和金属指标,其中底泥营养物指标中能引起最低级别生态毒性效应的总 N、总 P 的浓度分别为 0.55、0.60 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。以此为标准,西溪湿地表层底泥总 N、总 P 的平均含量超标,如果统计每个样点的情况,6 个采样点中,表层总 N 含量全部超标,4 个采样点的表层总 P 含量超标。当然,由于该标准中指标多,因而仅凭 N、P 含量尚不能完全判断西溪湿地底泥的生态毒性等级。

表 3 不同湿地表层底泥中 N、P 营养盐含量

项目	$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$				参考标准 浓度
	温州 三垟湿地	太湖 五里湖	云南滇池	西溪湿地	
总 N	2.50	1.86	4.33~8.67	1.79	0.55
总 P	3.80	1.84	1.13~3.45	0.80	0.60

4 小结

对水质的监测结果表明,随着西溪湿地保护工程的启动,一期工程后景区主要观测点水质有所好转,其中五常港和深潭口水质类别明显提高;而景区其它监测点水质不太理想,属 ~ 劣 类标准。相比西湖而言,西溪湿地水体景观和水质尚不能完全满足湿地建设目标和游人的视觉要求。

对底泥 N、P 营养盐含量的分析表明,西溪湿地各样点底泥总 N、总 P 含量都较低。表层(0~20 cm)总 N 含量平均值为 1.79 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,总 P 含量平均值为 0.80 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。总 N、总 P 含量的最高值均出现于景区外围未疏浚河道,而最低值出现在景区内已进行过河道疏浚的样点。底泥柱样中 N、P 营养盐的变化说明,景区内底泥营养盐积累表现为减小的趋势,但对于外围受人类活动影响较大的地区,底泥 N、P 负荷仍表现为增加的趋势,需要对这些地区的河道及流域生活、工业污水进行进一步整治。相比其它湿地底泥而言,西溪湿地底泥 N、P 含量较低,但部分底泥 N、P 浓度已超过加拿大安大略省环境和能源部(1992)制定的环境质量评价标准,需要

引起重视。

西溪湿地在千余年人类渔耕经济的作用下逐渐演变成次生湿地,是以鱼塘为主,并由部分河港、湖漾及狭窄的塘基和面积较大的河渚相间组成的次生湿地,区内河网密布,湖泊众多,景区约 50% 的面积为水域。因此,下一步应增加水质监测和底泥采样点,同时也要加强对其它污染指标的研究,以期对西溪湿地的现状有更加全面的了解。

参考文献:

- [1] 郎惠卿,林 鹏,陆健健. 中国湿地研究和保护 [M]. 上海:华东师范大学出版社, 1998
- [2] Keddy P A. Wetland ecology principles and conservation [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2000
- [3] 金相灿,屠清瑛. 湖泊富营养化调查规范 (2版) [M]. 北京:中国环境科学出版社, 1990
- [4] 范成新,杨龙元,张 路. 太湖底泥及其间隙水中氮磷垂直分布及其相互关系分析 [J]. 湖泊科学, 2000, 12(4): 359 - 366
- [5] Boers P C M, Raaphorst W V, Molen D T V. Phosphorus retention in sediments [J]. Wat Sci Tech, 1998, 37(3): 31 - 39
- [6] Shrestha M K, Lin C K. Determination of phosphorus saturation level in relation to clay content in formulated pond muds [J]. Aquacultural Engineering, 1996, 15(6): 441 - 459
- [7] 杨 洪,易朝路,谢 平,等. 武汉东湖沉积物碳氮磷垂向分布研究 [J]. 地球化学, 2004, 33(5): 507 - 514
- [8] Sundby B, Gobeil C, Silverberg N. The phosphorus cycle in coastal marine sediments [J]. Limnol Oceanogr, 1992, 37(6): 1129 - 1145
- [9] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法 (4版) [M]. 北京:中国环境科学出版社, 2002
- [10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京:中国农业科技出版社, 1999
- [11] 刘恩峰,沈 吉,朱育新. 西太湖沉积物污染的地球化学记录及对比研究 [J]. 地理科学, 2005, 25(1): 102 - 107
- [12] 张修峰,何文珊,陆健健. 温州三垟湿地底泥氮、磷含量及其对水质的影响 [J]. 湿地科学, 2004, 2(3): 192 - 196
- [13] 沈亦龙,何晶晶,邵立明. 太湖五里湖底泥污染特性研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(6): 584 - 588
- [14] 高 丽,杨 浩,周健民,等. 滇池水体和沉积物中营养盐的分布特征 [J]. 环境科学研究, 2004, 17(4): 1 - 4
- [15] 李任伟. 沉积物污染和环境沉积学 [J]. 地球科学进展, 1998, 13(4): 398 - 402
- [16] Mudroch A, Azcue D J M. Manual of aquatic sediment sampling [M]. Boca Raton: Lewis Publications, 1995